

Millora de les tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en cultiu d'enciam

Treball final de grau

Enginyeria Agrícola



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Autor: Oriol Ajenjo Puigderrajols

Tutor: Emilio Gil Moya

Juny 2017

Resum

Les aplicacions de productes fitosanitaris en el cultiu d'enciam es realitzen mitjançant un polvoritzador hidràulic que utilitza la pressió que li transmet la bomba per transportar les gotes de producte fins a la vegetació. L'aplicació de productes fitosanitaris pot ocasionar greus pèrdues al sòl i contaminació atmosfèrica a causa de la deriva. Per tant, cal analitzar les pràctiques d'aplicació de productes fitosanitaris i, si s'escau, millorar-les.

En aquest treball s'ha agafat com a referència les pràctiques d'aplicació de productes fitosanitaris dels agricultors associats a l'ADV-Horta del Baix Llobregat. A partir d'aquestes, s'han comparat diferents tipologies de broquets (ventall, doble ventall asimètric, doble ventall simètric i cònic) en diferents volums d'aplicació (200, 300 i 450 L/ha) fixant com a referència, i per tant, la realitzada pel agricultors enquestats, el tractament realitzat amb broquet de ventall convencional a 600 L/ha de volum d'aplicació. Aquest assaig s'ha dut a terme el mes de març en l'estadi inicial del cultiu (estadi BBCH 19).

Els resultats obtinguts mostren que per poder comparar les diferents tipologies de broquets s'ha de distingir per volums i per les diferents zones definides en la vegetació. D'aquesta manera es pot recomanar una tipologia de broquet en funció de la zona afectada o que afecta la plaga o malaltia en qüestió i el volum recomanat per fer-hi front. A volums d'aplicació de 200 L/ha, en la part central i l'anvers de l'enciam, es recomana l'ús del broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire *Lechler IDTA02*, i per al revers, el broquet de ventall amb injecció d'aire *Teejet AIXR02*. Per a volums d'aplicació de 300 L/ha, en el revers de l'enciam, es recomana el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire *Agrotop TD03*. En aquesta mateixa zona, per a volums de 450 L/ha, es recomana l'ús del broquet de ventall amb injecció d'aire *Teejet AIXR04* o el broquet de doble ventall simètric amb injecció d'aire *Teejet AITTJ6004*.

D'altra banda, es recomana als agricultors de l'ADV del Baix Llobregat reduir el volum d'aplicació ja que els resultats obtinguts demostren que entre un volum de 600 L/ha i un de 450 L/ha no hi ha diferències significatives assumint d'aquesta manera una reducció del 25% en el volum d'aplicació.

Resumen

Las aplicaciones de productos fitosanitarios en el cultivo de lechuga se realizan mediante un pulverizador hidráulico que utiliza la presión que le transmite la bomba para transportar las gotas de producto hasta la vegetación. La aplicación de productos fitosanitarios, puede causar graves pérdidas en el suelo y contaminación atmosférica debido al efecto de la deriva. Por lo tanto, se deben analizar las prácticas de aplicación de fitosanitarios y, si hace falta, mejorarlas.

En este trabajo se ha cogido como referencia las técnicas de aplicación de productos fitosanitarios de los agricultores asociados a la “ADV-Horta del Baix Llobregat”. A partir de estas, se han comparado diferentes tipologías de boquillas (abanico, doble abanico simétrico, doble abanico asimétrico i cónica) en diferentes volúmenes de aplicación (200, 300 i 450 L/ha) fijando como referencia, y por lo tanto, la realizada por los agricultores encuestados, el tratamiento con boquilla de abanico convencional a 600 L/ha de volumen de aplicación. Este ensayo se llevó a cabo en el mes de marzo en el estadio inicial del cultivo (estadio BBCH 19).

Los resultados obtenidos muestran que para poder comparar las diferentes tipologías de boquillas, se debe distinguir entre volúmenes de aplicación y por las diferentes zonas definidas en la vegetación. De esta manera podemos recomendar una tipología de boquilla en función de la zona afectada y la que afecta la plaga o enfermedad en cuestión y según el volumen recomendado para hacer frente a esta. Para volúmenes de aplicación de 200 L/ha, en la parte central y el anverso de la lechuga, se recomienda la boquilla de doble abanico asimétrica con inyección de aire *Lechler IDTA02*, y para el reverso, la boquilla de abanico con inyección de aire *Teejet AIXR 02*. Para volúmenes de aplicación de 300 L/ha, en el reverso de la lechuga, se recomienda la boquilla de doble abanico asimétrico con inyección de aire *Agrotop TD03*. En esta misma zona, para volúmenes de aplicación de 450 L/ha, se recomienda el uso de la boquilla de abanico con inyección de aire *Teejet AIXR 04* y la boquilla de doble abanico simétrico con inyección de aire *Teejet AITTJ60 04*.

Por otro lado se recomienda a los agricultores de la ADV-Horta del Baix Llobregat, reducir el volumen de aplicación, ya que los resultados obtenidos muestran que entre un volumen de 600L/ha y uno de 450L/ha no hay diferencias significativas y de esta manera, asumirían una reducción del 25%.

Abstract

Plant Protection Products (PPP) in lettuce are applied, generally, using a boom sprayer which uses the pressure to transport the droplets to the whole canopy vegetation (external and internal parts). The use of PPP can cause serious losses and contamination due to the spray drift losses to the ground and areas out of the intended target. Consequently, it is necessary to evaluate the common practices used by farmers and if it is necessary, to improve them.

In this project it has been taken as a reference the most common spray application techniques adopted by the farmers associated with the "ADV-Horta" of "Baix Llobregat". From these, different typologies of nozzle (flat fan nozzle, double flat fan symmetric, double flat fan asymmetric and hollow cone) have been compared in different volumes of application (200, 300, 450 L/ha), fixing the reference, the treatment with conventional flat fan nozzle at 600l/ha of application volume. This essay was performed in March in the initial stage of the crop (BBCH stage 19).

The results obtained show that in order to compare the different types of nozzles, it is necessary to distinguish between different volumes of application and the different areas defined in the vegetation. In this way, we can recommend a typology of nozzle depending on the affected area and the one that affects the pest or disease in question and according to the recommended volume to deal with it. For volumes of 200 L/ha in the central part and the obverse we recommend the double flat fan asymmetric with air injection *Lechler IDTA02*. For the reverse we recommend the flat fan nozzle with air injection *Teejet AIXR02*. For volumes of 300 L/ha in the reverse of lettuce we recommend the double flat fan asymmetric with air injection *Agrotop TD03*. For the same zone with a volumes of 450 L/ha we recommend the use of flat fan nozzle with air injection *Teejet AIXR04* and the double flat fan symmetric with air injection *Teejet AITTJ6004*.

Also we recommend to the farmers of the ADV of Baix Llobregat, to reduce the volume of application because the obtained results show that between a volume of 600l/ha and one of 450l/ha there are no significant differences.

Agraïments

En primer lloc, m'agradaria expressar el meu més sincer agraïment al Dr. Emilio Gil, per la transmissió de coneixement i per aconseguir treure el millor de mi en aquest camp. Amb les teves classes, va començar tot.

Al Jordi Llop, per la confiança dipositada en mi des del moment en que et vaig proposar el projecte, pel guiatge durant tot aquest temps i pel suport incondicional que he trobat en tu. Al teu costat, tot era més fàcil, mil gràcies.

Al Javier Campos, en Ramón Salcedo, la Paula Ortega i en Pol Grífol de la Unitat de Mecanització Agrària de la UPC. Per la vostra plena disposició en els assajos, les estones compartides i les solucions aportades per totes i cadascuna de vosaltres.

A la Míriam Pocurull i la Merxe Ferreira de l'ADV del Baix Llobregat, per la seva confiança en el projecte i per la plena disposició en aquest, ja sigui en els assajos o en el control setmanal del cultiu. Amb vosaltres també he après.

Al Marcel Valera de Lechler, S.A., per cedir-nos els broquets i aportar-nos tota la informació necessària sobre aquests.

Al meus amics i companys Carlos Cabrera, Oriol Serra, Marcos Martínez i Hèctor Escudero, per esdevenir un pilar fonamental al llarg d'aquests quatre anys i trobar suport a cada moment. Un plaer compartir vida al vostre costat.

I molt especialment a la meva família, per ser-hi, per recolzar-me dia rere dia malgrat les diferències i per estar al meu costat en tot moment. Amb aquest treball, tanco una etapa molt important per a mi, vosaltres hem vàreu donar l'oportunitat. Gràcies.

SUMARI

Índex de figures	10
Índex de taules	12
Índex de fotografies	13
1.Introducció	14
2.Antecedents	18
2.1. Avaluació quantitativa de la distribució d'un producte fitosanitari	18
2.1. Ajust i expressió de la dosi d'aplicació	19
3. Objectius	22
4. Materials i mètodes	23
4.1. Enquesta sobre tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en cultiu d'enciam	23
4.2. Localització i implantació del cultiu	24
4.3. Paràmetres de treball	26
4.4. Tecnologies d'aplicació	28
4.4.1. Equip de polvorització	28
4.4.2. Broquets utilitzats	29
4.5. Posta a punt de la metodologia de l'assaig	31
4.6. Assajos al laboratori	34
4.6.1. Mesura del cabal real dels broquets	34
4.6.2. Mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal de la barra de polvorització	35
4.7. Disseny experimental	36
4.8. Caracterització de la vegetació	39
4.9. Materials utilitzats	41
4.9.1. Mesura de la deposició i recobriment en la vegetació	42
4.9.2. Mesura de la deposició en el sòl	43
4.10. Anàlisi de les mostres	43
4.10.1. Anàlisi del traçador	43
4.10.2. Anàlisi dels papers hidrosensibles	45
4.11. Anàlisi estadístic	46
5. Resultats	47
5.1. Enquesta	47

Millora de les tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en cultiu d'enciam

5.2. Uniformitat de la distribució horitzontal	48
5.3. Avaluació de la distribució de producte en la vegetació i pèrdues al sòl	51
5.3.1. Condicions meteorològiques durant l'assaig	51
5.3.2. Avaluació de la distribució del producte en la vegetació.....	53
5.3.3. Avaluació de les pèrdues del producte en el sòl.....	64
6.Discussió	67
7.Conclusions.....	70
8.Bibliografia.....	71
Annex I: Enquesta als agricultors de l'ADV-Horta del Baix Llobregat	

Índex de figures

Figura 1: Distribució a camp dels col·lectors.....	32
Figura 2: Distribució dels col·lectors en l'enciam.....	33
Figura 3: Distribució dels tractaments en el camp.....	37
Figura 4: Distribució dels col·lectors en cada tractament.	38
Figura 5: Distribució dels col·lectors en l'enciam.....	42
Figura 6: Pregunta referent al volum d'aplicació en l'enquesta realitzada als agricultors de l'ADV del Baix Llobregat.	47
Figura 7: Pregunta referent a la tipologia de broquet en l'enquesta realitzada als agricultors de l'ADV del Baix Llobregat.	47
Figura 8: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) en els tractaments de 200 l/ha amb broquet de ventall (T1), ventall amb injecció d'aire(T2), doble ventall simètric (T3) i doble ventall asimètric (T4).	49
Figura 9: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) en els tractaments de 300 l/ha amb broquet de ventall (T5), ventall amb injecció d'aire (T6), doble ventall simètric (T7)i doble ventall asimètric (T8).	49
Figura 10: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) en els tractaments de 450 l/ha amb broquet de ventall (T9), ventall amb injecció d'aire (T10), doble ventall simètric (T11).	50
Figura 11: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) del tractament 12 corresponent a un volum d'aplicació de 600 l/ha amb broquet de ventall.	50

Figura 12: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) dels tractaments amb broquet cònic a 200 (T13), 300 (T14) i 450 l/ha (T15).....	51
Figura 13: Deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) dels tractaments en fulla (mitjana $\pm\text{SEM}$)	53
Figura 14: Resultats dels tests SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per a cada posició en els tractaments realitzats a 200L/ha. (mitjana $\pm\text{SEM}$).	56
Figura 15: Resultats del test SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per la posició revers en els tractaments de 300 L/ha. (mitjana $\pm\text{SEM}$).	59
Figura 16: Resultats del test SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per la posició revers en els tractaments realitzats a 450 L/ha. (mitjana $\pm\text{SEM}$).	61
Figura 17: Resultats del test SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per la posició anvers i centre en els tractaments realitzats amb broquet de ventall a un volum d'aplicació de 200, 300, 450 i 600 L/ha. (mitjana $\pm\text{SEM}$)...	63
Figura 18: Resultat del test SNK expressat en forma de deposició normalitzada al sòl ($\mu\text{g cm}^{-2}$). (mitjana $\pm\text{SEM}$)	65

Índex de taules

Taula 1: Paràmetres de treball.	27
Taula 2: Broquets seleccionats per a la realització de l'assaig.	31
Taula 3: Característiques de la vegetació.	39
Taula 4: Coeficient de variació (%) referent a la uniformitat en la distribució horitzontal de la barra de polvorització.	48
Taula 5: Hora d'inici de la polvorització de cada tractament, velocitat (m/s) i direcció (°) del vent.	52
Taula 6: Broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 200 L/ha.	54
Taula 7: Resultats del test ANOVA de dos factors per a la interacció tractament-posició a 200l/ha.	55
Taula 8: Broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 300 L/ha.	57
Taula 9: Resultats del test ANOVA de dos factors per a la interacció tractament-posició a 300 L/ha.	58
Taula 10: Broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 450 L/ha.	60
Taula 11: Resultats del test ANOVA de dos factors per a la interacció tractament-posició a 450 L/ha.	60
Taula 12: Resultat del test ANOVA entre tractaments amb broquet de ventall convencional i diferent volum d'aplicació.	62
Taula 13: Resultats del test ANOVA entre la deposició al sòl i els diferents tractaments.	64
Taula 14: Resultats del test ANOVA entre la deposició al sòl i els diferents tractaments.	65

Índex de fotografies

Fotografia 1: Localització del camp on es va dur a terme l'assaig.	24
Fotografia 2: Disposició dels enciams a camp..	25
Fotografia 3: Polvoritzador hidràulic suspès Hardi model NK.	29
Fotografia 4: Mesura del cabal real dels broquets mitjançant el cabalímetre mecànic de provetes AAMS-Salvarani..	35
Fotografia 5: Mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal amb l'escàner horitzontal AAMS-Salvarani.....	36
Fotografia 6: Lones antiherba col·locades en el camp per protegir els tractaments més propers del que es polvoritzava..	39

1.Introducció

L'agricultura s'enfronta a dia d'avui a tres reptes: econòmic, a l'hora de produir aliments de forma viable; ambiental, produint de forma sostenible; i territorial, ja que és l'eina necessària per donar vitalitat a les zones rurals.

Ahora, l'agricultura és un sector estratègic i rellevant per l'economia del país. La globalització a la que es troba sotmès però, ha suposat un augment de la competitivitat en tots els sentits, donant lloc a una gran pressió per als agricultors a l'hora de produir grans quantitats de productes, de qualitat i a un preu molt reduït. Aquesta situació, s'ha traduït en una intensificació de la producció, que ha comportat un augment de la pressió de plagues i malalties sobre els cultius i per tant, un major ús de productes fitosanitaris.

No obstant, cal tenir en compte que els productes fitosanitaris són biocides i per tant, suposen un risc per al medi ambient i les persones que els manipulen. La seva manipulació i utilització, genera una perillositat de contaminació puntual o difusa. Entenem per contaminació puntual, aquella que es produeix abans i després de cada tractament, durant la preparació i neteja de l'equip de polvorització. D'altra banda, la contaminació difusa, és aquella generada per l'acció del vent durant l'aplicació de producte fitosanitari, transportant les gotes lluny de l'objectiu a tractar, aquest fet, es coneix com a deriva del producte.

Segons la norma ISO 22866:2005 (ISO, 2005), es defineix la deriva com la quantitat de producte fitosanitari que és arrossegat fora de la zona de tractament per efecte dels corrents d'aire durant el procés d'aplicació. La deriva és un dels punts més importants ja que les petites gotes poden quedar suspeses a l'atmosfera en forma d'aerosols o dipositar-se a les rodalies de la zona de tractament. Per tal de fer front a aquesta deriva, s'ha desenvolupat una sèrie de tecnologies i mètodes específics per a reduir-ne el seu impacte, com serien els broquets de injecció d'aire, equips d'aplicació variable, equips de polvorització assistits per aire, control electrònic dels sectors i de l'alçada de les barres, etc...

A més a més, la utilització reiterada i en dosis excessives de producte fitosanitari, s'ha demostrat, que ha generat organismes resistents a l'efecte de determinats productes així com també ha afectat a la fauna útil, tals com els pol·linitzadors.

A causa d'aquesta realitat i amb la intenció de preservar el medi ambient, la salut humana i animal, les institucions tant espanyoles com europees, han adoptat una posició més restrictiva pel que fa al ús de productes fitosanitaris. L'octubre de l'any 2009 es va publicar la Directiva 2009/128/CE per a l'ús sostenible de plaguicides. Per tal de complir l'objectiu marcat, la directiva inclou les següents premisses:

- Foment de la gestió integrada de plagues, pràctiques i ús de plaguicides de menor risc per la salut humana, animal i del medi ambient.
- La formació com a punt clau per a fer un bon ús dels plaguicides. S'estableix un sistema de certificats que acreditarà estar en possessió de nocions suficients sobre la gestió integrada de plagues, fent especial èmfasis en la preparació, ús i manteniment dels equips d'aplicació. Alguns exemples són la possessió del quadern d'explotació i el carnet d'aplicador de productes fitosanitaris sense el qual que no està permesa la compra d'aquests.
- Inspeccions dels equips de polvorització en ús cada cinc anys fins el 2020, i cada tres després d'aquest any. Els estats membres han hagut de vetllar perquè tots els equips en ús hagin estat inspeccionats com a mínim una vegada abans del 14 de desembre del 2016, fita que a Espanya no s'ha aconseguit.
- Prohibició de caràcter general dels tractaments aeris, exceptuant aquelles situacions on es demostrin avantatges clars o en el cas que no existeixi cap alternativa.
- Protecció de medis aquàtics i de les aigües potables a partir de la creació de marges de protecció, tècniques de protecció més eficients i ús de productes menys perillosos.

El mateix dia en que es publicava la Directiva d'ús sostenible sortia la Directiva 2009/127/CE que modifica la Directiva 2006/42/CE respectiva a les màquines d'aplicació noves abans de la seva sortida en el mercat. Aquesta incorpora els requisits de protecció ambiental al disseny i fabricació dels polvoritzadors. Mitjançant la certificació de la conformitat europea (CE), els fabricants de maquinaria estan obligats a garantir que els agricultors puguin dur a terme l'ajust adequat de la dosi i la distribució correcta del producte.

Dos dels punts on centra més importància la Directiva d'ús sostenible és en la formació a agricultors i tècnics, com a responsables de la presa de decisions a l'hora de fer els respectius tractaments i en la inspecció dels equips de polvorització.

Per a la formació d'agricultors, experts del sector, organitzacions, equips de recerca i diferents empreses relacionades, entre ells la Unitat de Mecanització Agrària de la UPC, han desenvolupat diversos projectes per tal d'ajudar en aquest aspecte. D'entre aquests projectes trobem:

- El projecte TOPPS-PROWADIS (*Training the Operators to Promote best management Practices and Sustainability*): es tracta d'un projecte europeu iniciat l'any 2005 i finançat per la *European Crop Protection Association* (ECPA) on es desenvolupa un estudi del risc de contaminació durant tot el procés d'aplicació i proposa un seguit de mesures per a reduir-lo. Dins aquest projecte es va elaborar una guia de bones pràctiques fitosanitàries per a la millora de la protecció de les aigües (*Gil et al., 2008*) per tal que l'agricultor millori les seves actuacions a l'hora de manipular i tractar amb productes fitosanitaris i d'aquesta manera aconseguir reduir substancialment la contaminació d'aquestes. <http://www.topps-prowadis.es>
- El projecte *Better training for safer food* (BTSF) és una iniciativa de la Comissió Europea per tal de formar i capacitar a tècnics dels estats membres de la Unió Europea en matèria d'inspecció i calibratge dels

equips de polvorització per al seu ús professional
http://ec.europa.eu/food/safety/btsf_en

Pel que fa referència a inspeccions d'equips de polvorització, arran de la Directiva d'ús sostenible, el Ministeri d'Agricultura i Pesca, Alimentació i Medi Ambient (MAPAMA), va elaborar un Pla d'actuació nacional per l'ús sostenible de productes fitosanitaris (BOE-A-2012-11605) , el que va desencadenar la posada en marxa del Real Decreto 1702/2011 (BOE-A-2011-19296), sobre inspeccions periòdiques en els equips d'aplicació de productes fitosanitaris.

Actualment la normativa tècnica que s'aplica per realitzar les inspeccions d'equips d'aplicació de fitosanitaris és la ISO 16122:2015 (ISO,2015). Aquesta, és una norma harmonitzada, és a dir, una norma europea desenvolupada per una reconeguda organització a la que la Comissió Europea li fa la petició de realització. Aquesta normativa consta de cinc parts. La primera es de caràcter general que han de complir tots els equips. La segona part és específica per a equips de polvorització hidràulica, la tercera per a equips de polvorització hidropneumàtica i neumàtica, la quarta per equips fixes i equips semi mòbils i una cinquena part pendent de publicació referent a equips de tractaments aeris.

Els tractaments per a l'aplicació de productes fitosanitaris es realitzen amb diferent tipus de maquinaria; en general, el més estès en grans extensions de cultius baixos és l'ús de polvoritzadors hidràulics. Aquest tipus de maquinaria, expedeix el brou a través de la pressió exercida per la bomba d'impulsió, connectada a la presa de força del tractor, amb l'objectiu de fer arribar aquest fins la vegetació.

Tal i com s'ha explicat anteriorment, el risc de contaminació a l'hora de realitzar tractaments és elevat. Per tal de realitzar aplicacions homogènies i en dosis adequades, un factor important és el calibratge dels equips. Aquest, consisteix en fixar els paràmetres de aplicació, és a dir, el volum d'aplicació i les condicions durant aquesta i finalment seleccionar el broquet correcte per a reproduir-les. D'aquesta manera, reduïm de forma significativa les pèrdues de brou al sòl o a la atmosfera.

L'elecció dels broquets adients és un factor clau per obtenir resultats òptims. Actualment, el mercat n'ofereix una gran varietat, desenvolupant tecnologies de tota mena i destinades a cultius i aplicacions molt concretes. La norma ISO 10625:2005 (ISO, 2005) sobre broquets, conté una classificació d'aquests basada en un codi de colors estandarditzat que correspon a una numeració on relaciona aquesta, amb la seva capacitat nominal (litres/minut). Un mateix color, independentment de la tecnologia de la que es tracti, implica un valor concret de cabal unitari per cada pressió de treball, facilitant d'aquesta manera la feina a tècnics i agricultors.

2. Antecedents

2.1. Avaluació quantitativa de la distribució d'un producte fitosanitari

L'avaluació quantitativa de la distribució d'un producte fitosanitari sobre la superfície de la planta, és un dels problemes que es plantegen quan es pretén millorar l'eficiència en l'aplicació d'un producte fitosanitari. Hi ha mètodes que basen la mesura de la deposició utilitzant parts de la vegetació o d'altres que utilitzen col·lectors artificials. *Cooke et al., (1993)* diu que l'elecció del mètode d'anàlisi de la deposició depèn de l'objectiu de treball sempre tenint present els seus avantatges i inconvenients.

Un dels mètodes més utilitzats i més acceptats en aquests últims anys ha estat el colorimètric, utilitzat per primera vegada per *Turner i Huntington (1970)* a través de papers hidrosensibles. Aquests, deixaven assecar el paper en una campana de fums i obtenien unes cartolines grogues molt sensibles a l'aigua, en les que l'impacte de les gotes produïa unes taques de color blau que els hi permetia realitzar un recompte.

L'avantatge dels papers hidrosensibles és el ràpid anàlisi visual. El problema apareix quan aquests estan molt mullats i per tant, el seu anàlisi pot resultar difícil, ja que és impossible comptar amb exactitud el nombre d'impactes per centímetre quadrat (*Cunha et al., 2011*). Els papers hidrosensibles ens donen

dades sobre percentatge de recobriment o nombre d'impactes per centímetre quadrat havent realitzat un previ anàlisi a través de programes informàtics que permeten analitzar amb precisió el recobriment del paper.

Seguint amb el mateix mètode, una altra forma de quantificar la deposició de producte és la utilització d'un traçador o colorant. Les gotes es disposen sobre les fulles o papers de filtre, prèviament distribuïts per la vegetació que s'impregnen del colorant. Posteriorment submergint la mostra amb aigua destil·lada i l'ajut d'un espectrofotòmetre es pot quantificar la quantitat de producte dipositat per superfície (*Johnstone et al., 1977; Carlton et al., 1985*).

Un dels traçadors més utilitzats en assajos de deposició és la tartrazina (E-102). La tartrazina és un colorant alimentari que no presenta problemes de toxicitat, relativament barat (aproximadament 60€/kg) i el procediment d'extracció al laboratori és simple. El percentatge de degradació d'aquest traçador es troba al voltant del 3,2 % quan el col·lector utilitzat és paper de filtre. Aquest percentatge, incrementa quan el col·lector utilitzat és la pròpia vegetació del cultiu estudiat (*Pergher, 2001*). A més a més, la tartrazina presenta un elevat percentatge de recobriment i una elevada fotosensibilitat (*Sánchez-Hermosilla et al., 2012*).

2.1. Ajust i expressió de la dosi d'aplicació

La tècnica d'aplicació, juga un paper molt important en l'eficàcia de la deposició a la fulla (*Braekman et al., 2009*) essent paràmetres com el número, la mida, pressió dels broquets, la velocitat d'avançament i el volum d'aplicació paràmetres claus que han de ser ajustats per a maximitzar l'eficiència de la polvorització.

Per exemple, *Salyani (2000)* va suggerir que per obtenir una millor deposició a volums d'aplicació baixos, reduint el número de broquets i l'ús de broquets de menys cabal seria millor que reduir la velocitat d'avanç del polvoritzador. D'altra banda, per a aplicacions amb un volum alt, seria més favorable augmentar el

nombre de broquets i augmentar la velocitat d'avançament, en lloc d'utilitzar broquets de major cabal en cultiu de cítrics.

En cultius arboris, s'ha adjudicat com a tècnica per al calibratge dels polvoritzadors el mètode anomenat *Polvorització Adaptada al Cultiu* (Crop Adapted Spraying =CAS) (*Felber, 1997*). Aquesta metodologia es basa en una aplicació constant de producte en l'objectiu on un increment de la vegetació implica un increment de la quantitat de brou, i viceversa.

Pel que fa al calibratge en polvoritzadors hidràulics també s'ajusta la dosi d'aplicació en funció de l'estat vegetatiu del cultiu o en funció de la quantitat d'aigua recomanada pel producte a utilitzar segons el tractament (*Nuyttens et al., 2010*). A més a més per tal de realitzar la comprovació de que el volum d'aplicació ha estat ben ajustat, es fa ús d'unes targetes sensibles a l'aigua. Quan aquestes reben l'impacte viren cap al color blau. Si es compten entre trenta i quaranta impactes per centímetre quadrat, el tractament, és un èxit (*Ramiro Noya, 2011*).

L'efecte del tipus de broquet presenta diferències significatives en la deposició de producte en la vegetació (*Foqué et al, 2011*), és per això que l'ajust correcte de la dosi d'aplicació passa per una correcta elecció del broquet ja que aquest representa l'element clau en la polvorització essent l'encarregat de la formació de la població de gotes i del transport d'aquestes fins a l'objectiu, així com el control del cabal de líquid i assegurar el recobriment i la penetració del producte en el cultiu.

Actualment, el mercat n'ofereix una gran varietat d'aquests. Entre ells, trobem els broquets d'injecció d'aire. L'avantatge d'utilitzar aquest broquet, s'ha demostrat eficaçment degut a la seva capacitat per reduir el risc de deriva. Aquest efecte és més important per una mida de broquet petita (ISO 02), amb una tendència a que les diferències es redueixin quant s'augmenta la mida del broquet (*Gil et al, 2014*). A més, s'ha demostrat que els broquets d'injecció d'aire quan s'utilitzen a una distància del cultiu apropiada, presenten majors

deposicions i més uniformitat en la distribució del producte en la vegetació en comparació amb els broquets de ventall convencional (*Foqué et al 2012*).

3. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és optimitzar i millorar les tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en el cultiu d'enciam utilitzant un polvoritzador hidràulic.

Els objectius específics d'aquest treball són:

- Avaluar l'efecte del tipus de broquet en la penetració i distribució de producte fitosanitari.
- Avaluar les conseqüències d' aplicar diferents volums per cadascun dels broquets.
- Avaluar les pèrdues de producte al sòl en cadascuna de les condicions plantejades.
- Avaluar les tècniques d'aplicació estudiades enfront la realitzada pels agricultors de l'ADV del Baix Llobregat.

4. Materials i mètodes

Aquest treball es va portar a terme en tres fases. Una primera fase de recerca d'informació a través d'una enquesta als agricultors de l'ADV-Horta del Baix Llobregat, una segona fase on es va mesurar el cabal real i la distribució horitzontal dels broquets estudiats al laboratori i una tercera fase experimental sobre la deposició a camp.

L'ADV-Horta del Baix Llobregat, és l'Agrupació de Defensa Vegetal del Baix Llobregat. Aquesta, disposa de un seguit de tècnics que assessoren els pagesos i pageses del Baix Llobregat per tal de fer un bon control i seguiment dels cultius respectius. Gran part de la feina realitzada per aquests tècnics és el seguiment i control de plagues i malalties. El motiu pel qual s'ha col·laborat amb l'agrupació a l'hora de realitzar aquest assaig és l'interès mutu per tal que es realitzin aplicacions conscients i respectuoses que redueixin el volum d'aplicació i que alhora siguin eficients.

4.1. Enquesta sobre tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en cultiu d'enciam

Per tal de conèixer les pràctiques més comunes entre els agricultors de l'ADV-Horta del Baix Llobregat referents a l'aplicació de productes fitosanitaris en el cultiu d'enciam i amb la finalitat de millorar-les i optimitzar-les a través d'aquest treball, es va realitzar una enquesta a un total de deu agricultors associats a aquesta ADV.

L'esmenada enquesta constava de tres blocs independents, tals com:

- Bloc 1: Dades generals de l'explotació: nom i propietari de l'explotació, superfície de l'explotació destinada al cultiu d'enciam, varietat d'enciam cultivada, període de l'any en que cultiva l'enciam i si la persona que respon l'enquesta és la responsable de gestionar i establir els productes fitosanitaris de la finca i si és el qui els aplica.

- Bloc 2: Preguntes sobre l'equip d'aplicació: quin tipus d'equip utilitza per fer les aplicacions en el cultiu d'enciam, tipus de broquet de l'equip, ús de broquets amb injecció d'aire,
- Bloc 3: Preguntes sobre la utilització de productes fitosanitaris: estadi en que realitza els tractaments en l'enciam, quins tractaments hi fa, si modifica les condicions d'aplicació en funció del tractament, alçada de la barra, volum d'aplicació més freqüent en les aplicacions en enciam, pressió mitjana de treball i velocitat d'avançament.

Els resultats obtinguts s'han tingut en compte a l'hora de fixar cadascuna de les variables del treball per tal de apropar al màxim aquest als productors.

4.2. Localització i implantació del cultiu

El cultiu estudiat en el projecte va ser l'enciam varietat meravella ja que es tracta d'un dels cultius majoritaris en la producció hortícola de la zona i per tant un dels que més interès desperta en el sector.

La implantació del cultiu es va realitzar als camps de l'Agropolis, Viladecans (41° 17' 20.27" N ; 2° 2' 36.55" E). (**Fotografia 1**) durant les dues primers setmanes del mes de març.



Fotografia 1: Localització del camp on es va dur a terme l'assaig. Font: SIGPAC

Millora de les tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en cultiu d'enciam

El dia 1 de març de 2017 va tenir lloc la preparació i treball del sòl a través d'una fresa rotativa a uns 15 centímetres aproximadament de profunditat. El dia 10 de març de 2017 es va procedir a la col·locació de quatre línies de plàstic antiherba de 40 metres de longitud i 90 centímetres d'amplada sobre el que van ser plantats els enciams aquest mateix dia. Les quatre línies de plàstic antiherba van ser distribuïdes en dos blocs, de forma que quedaven dues línies a la dreta i dues a l'esquerra, separats per un passadís de 3 metres que permetés el pas del tractor (**Fotografia 2**). Paral·lelament a la col·locació del plàstic es va dur a terme la instal·lació de reg localitzat. En cadascuna de les línies es van implantar 144 enciams sumant un total de 576 enciams en el total de l'assaig



Fotografia 2: Disposició dels enciams a camp. Font: pròpia.

4.3. Paràmetres de treball

A través dels resultats obtinguts en les enquestes realitzades als agricultors associats a l'ADV-Horta del Baix Llobregat, es van definir els paràmetres de treball de l'assaig. Aquests van ser, tres volums d'aplicació tals com 200 L/ha, 300 L/ha i 450 L/ha en que es comparaven les mateixes tipologies de broquets (ventall convencional, ventall amb injecció d'aire, doble ventall simètric, doble ventall asimètric i cònic).

També es va definir un sol tractament on el volum d'aplicació era 600 L/ha amb broquet de ventall que reproduïa les pràctiques majoritàries realitzades pels agricultors enquestats. Aquest tractament va ser considerat com a referència per a comparar els resultats obtinguts en la deposició en fulla i sòl entre els tractaments proposats per aquest treball i el realitzat pels agricultors.

A partir dels volums d'aplicació establerts, es van definir la resta de paràmetres com la velocitat d'avançament i el cabal nominal (**Equació 1**) que ens permetrien seleccionar un broquet en concret a partir de la relació pressió nominal i cabal establerta per la norma ISO 10625 (ISO, 2005) i 10626 (ISO, 1991).

$$Q_{nominal} = \frac{V \cdot v \cdot A}{600} \quad \text{Equació 1}$$

Essent:

- $Q_{nominal}$ = cabal nominal (L/min)
- V = volum d'aplicació (L/ha)
- v = velocitat d'avançament (km/h)
- A = separació entre broquets (m)

Pel que fa a la selecció de broquets, es va escollir el màxim de tecnologies diferents per fer una comparació més completa tenint en compte que el més utilitzat segons les enquestes era el broquet de ventall. També es va incloure en aquesta comparació el broquet cònic ja que és utilitzat, malgrat que el seu ús en polvoritzador hidràulic no es recomanat degut a la poca uniformitat en l'aplicació.

Tots els paràmetres del treball fixats s'exposen en la **Taula 1**.

Taula 1: Paràmetres de treball.

Tractament	Tecnologia ¹	Fabricant	Codi ISO	Mida de gota ²	Cabal (L/min)	Volum (L/ha)	Pressió (bar)	Velocitat (km/h)
T1	FF	Hardi	02	M	0,72	200	2,50	4,00
T2	AIFF	Teejet AIXR	02	VC	0,72	200	2,50	4,00
T3	2AIFF	Teejet AITTJ 60	02	VC	0,72	200	2,50	4,00
T4	2AIFFA	Lechler IDTA	02	VC	0,86	200	3,50	4,50
T5	FF	Hardi	03	M	1,08	300	2,50	4,00
T6	AIFF	Teejet AIXR	03	VC	1,08	300	2,50	4,00
T7	2AIFF	Teejet AITTJ 60	03	XC	1,08	300	2,50	4,00
T8	2AIFFA	Agrotop TD	03	VC	1,28	300	3,50	4,50
T9	FF	Hardi	04	M	1,58	450	3,00	4,00
T10	AIFF	Teejet AIXR	04	VC	1,58	450	3,00	4,00
T11	2AIFF	Teejet AITTJ 60	04	VC	1,58	450	3,00	4,00
T12(ref.)	FF	Teejet XR	05	M	1,97	600	3,00	4,00
T13	HC	Teejet Conejet	01	F	0,67	200	8,00	4,00
T14	HC	Lechler TR80	015	F	0,98	300	8,00	4,00
T15	HC	Albuz ATR vermella		F	1,51	450	6,00	4,00

1→ FF: ventall convencional; AIFF: ventall amb injecció d'aire; 2AIFF: doble ventall amb injecció d'aire; 2AIFFA: doble ventall asimètric amb injecció d'aire; HC: cònic

2→ M: mitjana; VC: molt gran; XC: extra gran; F: fina. Classificació establerta segons la norma ASAE S-572.

4.4. Tecnologies d'aplicació

4.4.1. Equip de polvorització

El polvoritzador hidràulic utilitzat en aquest treball és un equip suspès Hardi® model NK (**Fotografia 3**), especialitzat per a realitzar tractaments en cultius extensius i hortícoles.

Aquest polvoritzador va equipat amb una barra de polvorització desplegable de 10 metres de longitud, l'alçada de la qual es pot modificar per tal d'adaptar-se a l'alçada del cultiu. A més, consta d'un dispositiu motlle ajustable per protegir la barra en cas de xoc accidental contra un obstacle durant el tractament.

La barra de polvorització va equipada amb un total de 20 broquets separats 0,50 centímetres els uns dels altres i distribuïts al llarg de la barra en tres sectors. Cadascuna d'aquestes posicions porta incorporat un sistema antidegoteig per evitar la pèrdua de producte i la conseqüent contaminació un cop finalitzat el tractament. Per a aquest treball i segons la disposició dels diferents tractaments en el sòl, s'ha utilitzat la meitat de la barra el qual representa una longitud de 5 metres i 10 broquets.

L'equip Hardi® NK, consta d'un dipòsit principal de 600 litres amb agitació hidràulica i un dipòsit rentamans. A més, disposa d'un sistema d'incorporació de producte.

Pel que fa a les unitats de control, l'equip Hardi® NK consta de característiques estàndards tals com:

- Vàlvula principal.
- Vàlvula de seguretat (Pressió màxima de 15 bar segons la tara de la vàlvula).
- Manòmetre analògic de 16 bar i una resolució de 0,2 bar.
- Tres vàlvules de distribució una per a cada sector amb sistema de pressió constant.



Fotografia 3: Polvoritzador hidràulic suspès Hardi model NK. Font: pròpia

4.4.2. Broquets utilitzats

Per a la realització d'aquest treball s'han seleccionat diferents tipologies de broquets que resultin més eficients a les que utilitza normalment l'agricultor i que puguin esdevenir una alternativa per aquests. A més a més la selecció dels broquets s'ha fet en base a diferents perfils de distribució, diferents mides de gota i incorporant tecnologies de reducció de deriva. Les tipologies de broquets seleccionats són els següents: ventall, doble ventall simètric, doble ventall asimètric i cònic.

Els broquets de ventall s'han seleccionat ja que són els més utilitzats pels agricultors en les aplicacions amb polvoritzador hidràulic degut a que presenten un perfil de distribució estret, en forma triangular que ens permet obtenir una distribució molt uniforme a partir del triple solapament.

Els broquets de ventall seleccionats presenten un mida de gota mitjana i un rang de pressió recomanada al voltant de 1 i 4 bar segons el fabricant del broquet.

Per tal de presentar una alternativa al broquet de ventall convencional, es va seleccionar el broquet de ventall amb injecció d'aire. D'aquesta manera s'inclou

en la comparació una tecnologia dissenyada per reduir la deriva de forma significativa que produeix un gota més gruixuda formada per una barreja d'aire i aigua obtingudes a partir de l'efecte venturi que es produeix en l'interior del broquet.

Pel que fa als broquets de doble ventall, es van seleccionar dues tipologies d'aquests, uns de doble ventall simètric i uns altres de doble ventall asimètric. Tots dos amb injecció d'aire. Es van seleccionar ja que representen una alternativa més als broquets de ventall ja que produeixen una mida de gota lleugerament més grossa a un rang de pressió recomanat pel fabricant entre 1,5 i 6 bar i el fet de presentar dos orificis de sortida amb el mateix o diferent angle, ens permet comprovar si aquesta tecnologia es tradueix en un augment de la cobertura i de la penetració en la vegetació.

Pel que fa al perfil de distribució, ofereixen un perfil molt uniforme, similar als de ventall.

També es van incloure en la selecció, broquets cònics o de turbulència ja que malgrat el seu ús no és recomanat en les aplicacions amb polvoritzador hidràulic ja que presenten un perfil de distribució molt irregular i el risc de deriva és molt elevat degut a la mida de gota que produeixen, són força utilitzats, tal i com exposen els resultats de les enquestes.

En la **taula 2** es pot veure un resum dels broquets seleccionats:

Taula 2: Broquets seleccionats per a la realització de l'assaig.

Model de broquet	Fabricant	Tipologia ¹	Cabal (L/min) ²	Mida de gota ³
F 110 02	Hardi	FF	0,80	M
F 110 03	Hardi	FF	1,19	M
F110 04	Hardi	FF	1,58	M
XR 110 05	Teejet	FF	1,97	M
AIXR 02	Teejet	AIFF	0,80	VC
AIXR 03	Teejet	AIFF	1,19	VC
AXIR 04	Teejet	AIFF	1,58	VC
AITTJ60 02	Teejet	2AIFF	0,80	VC
AITTJ60 03	Teejet	2AIFF	1,19	XC
AITTJ60 04	Teejet	2AIFF	1,58	VC
IDTA 120 02	Lechler	2AIFFA	0,80	VC
TD 110	Agrotop	2AIFFA	1,19	VC
Conejet 01	Teejet	HC	0,68	F
TR 80	Lechler	HC	1,07	F
ATR vermella	Albuz	HC	1,92	F

1→ FF: ventall convencional; AIFF: ventall amb injecció d'aire; 2AIFF: doble ventall amb injecció d'aire; 2AIFFA: doble ventall asimètric amb injecció d'aire; HC: cònic

2→ cabal a pressions de 3 bar exceptuant els broquets cònics que són pressions de 10 bar.

3→ M: mitjana; VC: molt gran; XC: extra gran; F: fina. Classificació establerta segons la norma ASAE S-572.

4.5. Posta a punt de la metodologia de l'assaig

Per tal de definir el col·lector a utilitzar en l'assaig de camp, es va realitzar un assaig previ on es van comparar dos tipologies de col·lector.

Els dos col·lectors que s'avaluaven van ser paper de filtre de 24 cm² partint de referències bibliogràfiques en altres cultius (*Sánchez – Hermosilla et al., 2012*) i fulla del propi enciam. L'objectiu dels col·lectors és avaluar la deposició en fulla.

També es va avaluar paper hidrosensible de 19,76 cm² per valorar si obtenim una bona resposta a l'hora de comparar-ho amb la deposició obtinguda en els col·lectors.

Es va treballar amb una sola fila de nou enciams de mida comercial obtinguts en un comerç de la zona, separats l'un de l'altre 30 centímetres.

La tecnologia d'aplicació utilitzada fou una motxilla de polvorització Hardi® model BP15 de bomba de pistó calibrada amb una dosi d'aplicació de 200 litres/hectàrea a una pressió de 1 bar , amb un broquet de ventall Tejeet XR110 01.

La distribució a camp dels col·lectors (**Figura 1**) fou la següent: en tres enciams es va col·locar paper de filtre, en tres altres paper hidrosensible i en els altres tres es va utilitzar la pròpia fulla dels enciams.

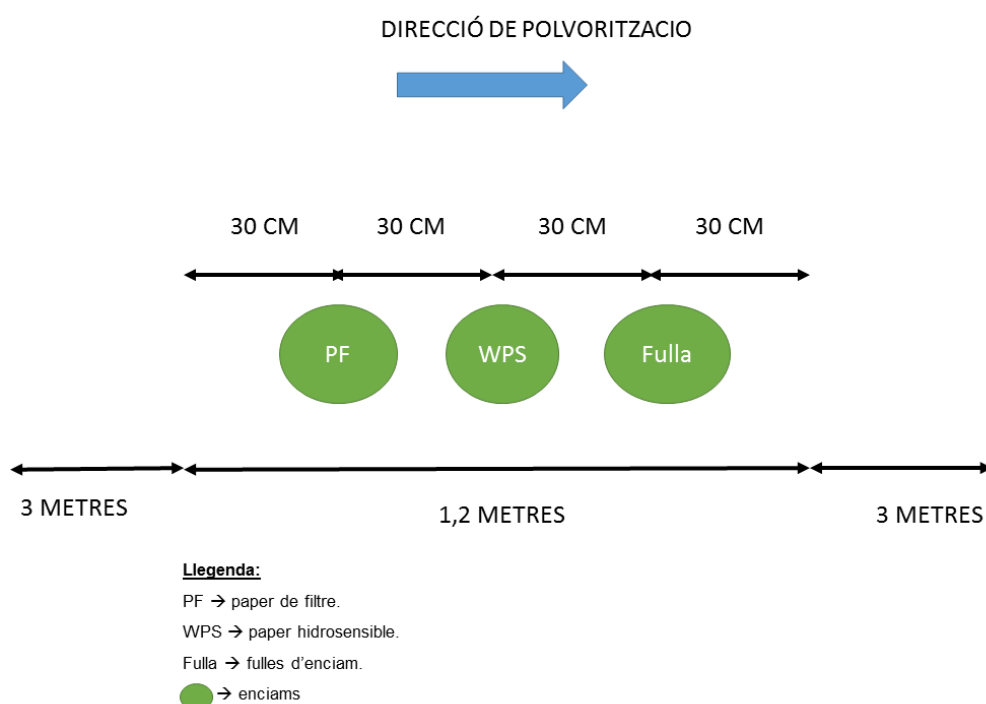


Figura 1: Distribució a camp dels col·lectors.

Per a la col·locació del paper de filtre i del paper hidrosensible es van definir dues zones de mostreig (1 i 2; 3 i 4) on s'avaluava en cadascuna d'elles l'anvers i el revers de la fulla (**Figura 2**).

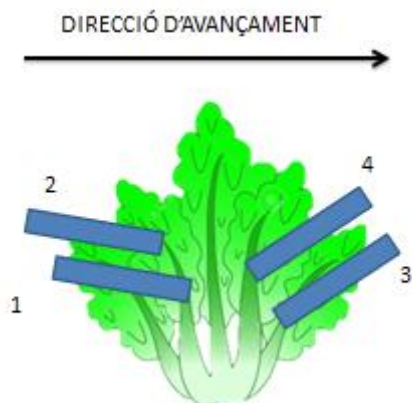


Figura 2: Distribució dels col·lectors en l'enciam.

Per tal d'avaluar la deposició de producte en cadascun dels col·lectors i poder quantificar-la per extreure conclusions de la comparació d'aquests, es va utilitzar un traçador. El traçador utilitzat va ser el colorant E-102 (tartrazina) al 85% de riquesa i amb una concentració de 1 gram/litre.

El traçador ens permet extreure dades referents a absorbància mitjançant la tècnica del colorímetre. Aquesta, consisteix en realitzar una dissolució de 20 mil·lilitres amb aigua destil·lada en cada mostra. Un cop feta la dissolució, es pipeteja una petita quantitat d'aquesta i s'introdueix en una cubeta per poder llegir-la amb un espectrofotòmetre.

A l'hora d'avaluar la deposició en cadascun dels col·lectors va resultar que el col·lector que permetia realitzar aquesta metodologia amb major facilitat era el paper de filtre, mentre que la fulla d'enciam en resultava molt complicada la seva manipulació i aquesta, es traduïa en una pèrdua de traçador i una contaminació molt gran de la zona i dels estris de treball.

4.6. Assajos al laboratori

Al laboratori de la Unitat de Mecanització Agrària de la Universitat Politècnica de Catalunya (UMA-UPC) es van realitzar les mesures del cabal real dels broquets i la mesura de la distribució horitzontal de la barra de polvorització.

4.6.1. Mesura del cabal real dels broquets

Els broquets han de funcionar adequadament per evitar que gotegi quan cessi la polvorització. Per garantir la homogeneïtat de la polvorització i el volum d'aplicació desitjat, el cabal de cadascun dels broquets no es pot desviar significativament dels valors de les taules de cabal establertes pels fabricants.

Segons la norma ISO 16122 part 2 referent a la inspecció d'equips de polvorització hidràulic en ús, la desviació del cabal de cada broquet del mateix tipus i mida no s'ha d'excedir en el:

- $\pm 10\%$ del cabal nominal indicat pel fabricant del broquets quan el cabal és major o igual a 1 litre /minut per a la pressió de treball màxima indicada pel fabricant.
- $\pm 15\%$ del cabal nominal indicat pel fabricant del broquets quan el cabal és inferior a 1 litre/minut per a la pressió de treball màxima indicada pel fabricant.

Per a cadascun dels tipus de broquet es va realitzar la mesura del cabal real en volum per unitat de temps (litres/min). Per a realitzar-ho es va utilitzar un cabalímetre mecànic de provetes AAMS-Salvarani (**Fotografia 4**) i un cronòmetre.



Fotografia 4: Mesura del cabal real dels broquets mitjançant el cabalímetre mecànic de provetes AAMS-Salvarani. Font: pròpia.

4.6.2. Mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal de la barra de polvorització

La mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal de la barra de polvorització es realitza per avaluar la distribució de producte al llarg de la barra i per tal d'assegurar que la zona de solapament total sigui uniforme. L'avaluació de la distribució de producte reflexa la qualitat del tractament en condicions reals d'aplicació a camp.

Segons la norma ISO 16122 part 2 referent a la inspecció d'equips de polvorització hidràulic en ús, la distribució horitzontal s'avalua tenint en compte que el coeficient de variació no ha de superar el 10% i que la quantitat de líquid recollit en cada canal del banc d'assaig en la zona de solapament no ha de variar en més de un $\pm 20\%$ del valor mitjà total.

Per a realitzar la mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal es va utilitzar un escàner horitzontal AAMS-Salvarani (**Fotografia 5**) que compte amb una superfície de 80*150 centímetres. Aquest escàner està equipat amb vuit provetes on cadascuna correspon a una canal del banc que és on es recull el total del líquid (volum total polvoritzat) i a més compte amb un sistema de comunicació directa entre aquest i un ordinador, de manera que permet la

Millora de les tècniques d'aplicació de productes fitosanitaris en cultiu d'enciam

visualització instantània de les dades al ordinador, així com el control integral de l'escàner. Per tal de procedir a la lectura amb l'escàner, es va col·locar la barra a 50 centímetres i la pressió corresponent per a cada broquet, fixada prèviament en els paràmetres de treball. A través de l'escàner obtindrem dades relatives a uniformitat de distribució de la barra (coeficient de variació), cabal total i cabal mitjà. Per obtenir les dades sobre el volum mitjà total, es dividirà el valor total pel número de canal que han recollit el líquid.



Fotografia 5: Mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal amb l'escàner horitzontal AAMS-Salvarani. Font: pròpia.

4.7. Disseny experimental

Els tractaments en el camp van ser distribuïts en dos blocs, compostos cadascun d'ells per dues línies de plàstic. La situació en el camp de cada

tractament (**Figura 3**) es va assignar seguint un criteri de minimització del risc de contaminació creuada a causa de la deriva tenint en compte el volum d'aplicació i el broquet. Els primers tractaments van ser els de menor volum d'aplicació i gota grossa i els darrers van ser els de gota més fina.

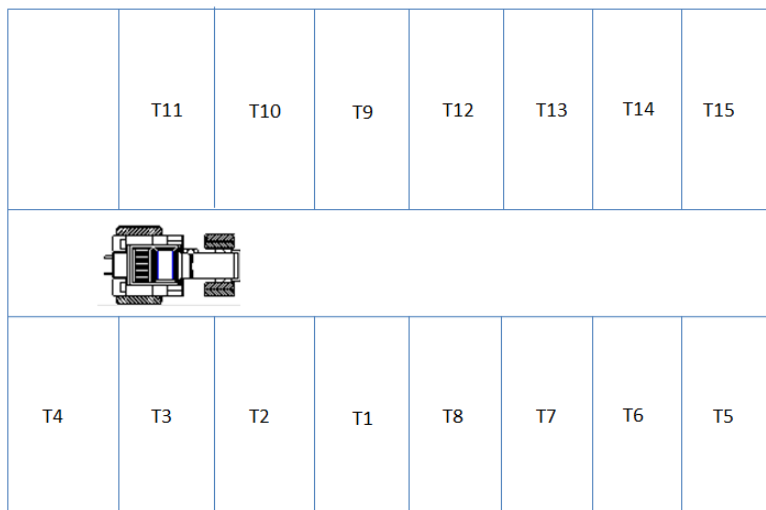


Figura 3: Distribució dels tractaments en el camp.

La **figura 4** mostra com es varen distribuir els col·lectors ens cadascun dels tractaments per tal de recollir les mostres referents a deposició en la vegetació i en el sòl i finalment analitzar-les. Els tractaments estaven disposats un rere l'altre i per tant es va haver de deixar un espai de 3 metres per tal d'adequar l'equip de polvorització (tipus de broquet, alçada de la barra, velocitat, pressió...) abans de realitzar cada tractament i evitar -ne la contaminació de les mostres del següent tractament.

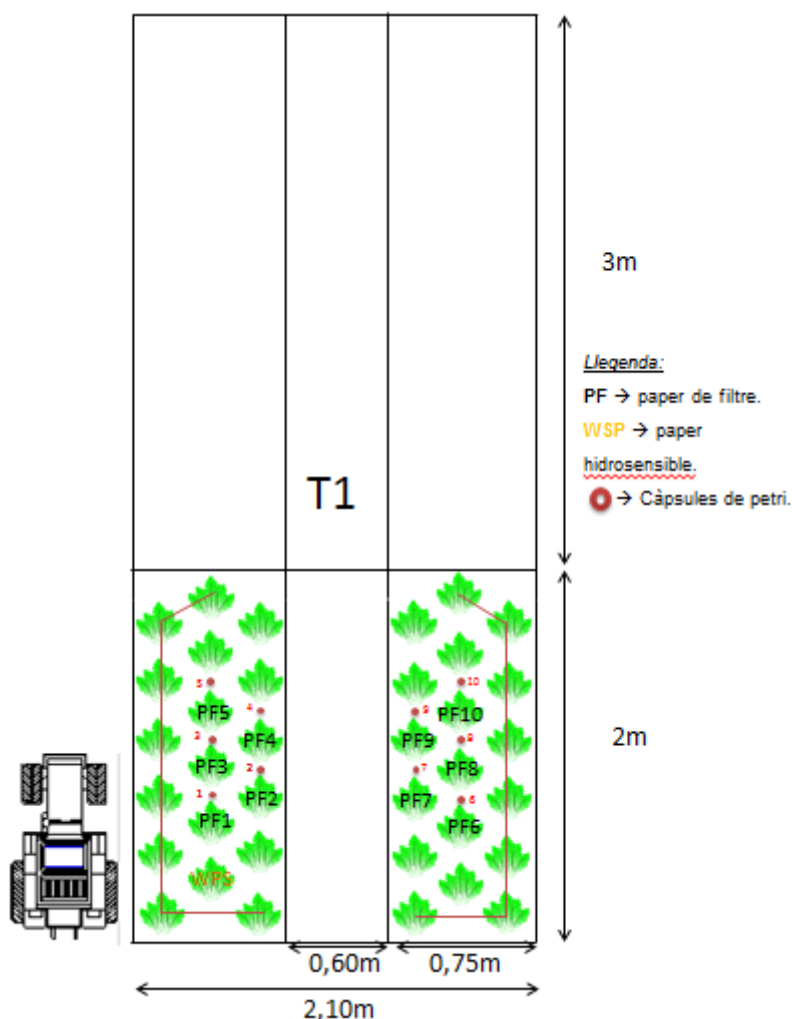


Figura 4: Distribució dels col·lectors en cada tractament.

En cada tractament es va realitzar l'aplicació amb el braç dret del polvoritzador hidràulic circulant en el passadís de 3 metres format entre els dos blocs. Per a realitzar els tractaments del bloc esquerra, es va adequar un passadís similar al central, a l'esquerra d'aquests. Només es va realitzar una polvorització per tractament, ja que dins de cadascun ja hi havia les respectives repeticions.

Prèviament a la realització de cada tractament s'extreien sis papers de filtre col·locats a l'atzar, corresponents a les mostres en blanc per observar si contenien traçador fruit de la deriva que se'n podia generar de la polvorització dels tractaments previs. Malgrat tot, per evitar que això es produís, s'anaven cobrint els tractaments més propers al polvoritzat amb tres lones antiherba (**Fotografia 6**).

Just abans de realitzar cada tractament es prenia una mostra del dipòsit, per tal de conèixer la concentració real del traçador i normalitzar les dades en funció d'aquesta.



Fotografia 6: Lones antiherba col·locades en el camp per protegir els tractaments més propers del que es polvoritzava. Font: pròpia.

4.8. Caracterització de la vegetació

Els enciams, estaven disposats en portell, amb un marc de plantació de 30*30 centímetres. Per tal d'obtenir les dades referents a l'índex d'àrea foliar, es van agafar nou enciams a l'atzar minuts previs a la realització de l'assaig. Aquests, van ser superfiats fulla per fulla amb un planímetre digital de la marca LICOR® model LI 3100C que determinava l'àrea total de l'enciam (*Campillo & Garcia, 2010*). A través de les dades de l'àrea total d'aquests nou enciams es va poder determinar una mostra representativa del conjunt de l'assaig (**Taula 3**).

Taula 3: Característiques de la vegetació.

Àrea total (m ²)	LAI	Marc de plantació (m)	Estadi BBCH
0,20	2,10	0,30 * 0,30	19

A partir de l'índex d'àrea foliar obtingut es va calcular la taxa de recuperació de producte (**Equació 2**) ja que la deposició en la vegetació es sol expressar com a percentatge del volum d'aplicació recuperat (*Pergher y Gubiani, 1995; Cross et al 2001*). Aquesta transformació, en la que intervenen diferents paràmetres tals com l'índex d'àrea foliar (LAI), la superfície del col·lector i la concentració del traçador en el tanc, s'obté amb la següent expressió:

$$R = \frac{\text{Deposició} \cdot \text{LAI} \cdot 10^7}{[\text{Dipòsit}] \cdot \text{Vol. aplicació}} \quad \text{Equació 2}$$

Essent:

- R= Recuperació de producte (%)
- Deposició = quantitat de traçador depositada en el col·lector ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$).
- LAI = índex d'àrea foliar.
- [Dipòsit] = concentració del traçador en el dipòsit de polvorització. (mg/L)
- V. aplicació = quantitat aplicada per unitat de superfície (L/ha)

4.9. Materials utilitzats

Per a dur terme l'assaig de camp fou necessari en primer lloc la instal·lació d'una estació meteorològica per mesurar les dades ambientals de l'assaig. Aquesta es va establir en un lloc fixe, per sobre el cultiu, amb el zero de l'anemòmetre orientat al nord. L'estació va permetre prendre dades referents a velocitat i direcció del vent, en cadascun dels tractaments.

El tractor utilitzat per a la realització de l'assaig va ser de la marca Landini, model Rex 90F. És un tractor estret dissenyat per treballar en cultius fruiters en carrers de poca amplada.

Per prendre mostres de la deposició en l'enciam i fruit de l'assaig realitzat per fer la posta a punt de la metodologia, es va utilitzar com a col·lector el paper de filtre de 24 cm².

Per a fer una avaluació qualitativa de la polvorització, es va utilitzar paper hidrosensible de 19,76 cm² ja que en l'assaig prèvia va donar una bona resposta en front la deposició en els papers de filtre. Aquest paper es torna blau quan entra en contacte amb una substància de base aquosa. Permet per tant observar el número d'impactes de gota produïts i extrapolar com es distribuirà l'aplicació en la vegetació.

Per a mesurar les pèrdues de producte al sòl, es va utilitzar paper de filtre de 24 cm² situat en plaques de petri de 13,5 centímetres de diàmetre.

Al realitzar un assaig de deposició, es va haver d'utilitzar un traçador per a quantificar-la. El traçador utilitzat va ser el colorant E-102 (tartrazina) al 85% de riquesa amb una concentració de 2g/l.

Totes les mostres preses en col·lectors, es guardaven en bosses hermètiques i aquestes a la seva vegada, en caixes opaques per evitar la degradació del traçador ja que l'assaig va tenir lloc durant la matinada i no es van analitzar fins un parell de dies més tard.

Els papers hidrosensibles, es dipositaven, un cop feta la polvorització, en unes plantilles que indicaven la posició dels papers en l'enciam i es guardaven dins un plàstic i a la seva vegada dins una caixa.

4.9.1. Mesura de la deposició i recobriment en la vegetació

Per tal de poder fer una descripció acurada de l'aplicació i observar com es distribuïa el producte en la vegetació es va dividir l'enciam en cinc punts de mostreig, tal i com es mostra en la **figura 5**. En el primer i segon punt de mostreig s'avaluava la deposició en l'anvers (2) i el revers (1) de les fulles que rebien primer la polvorització. En el tercer i quart punt de mostreig s'avaluava la deposició en l'anvers (4) i el revers (3) de les fulles en que trigava més en arribar la polvorització. En el cinquè punt de mostreig s'avaluava la deposició en la part central de l'enciam.

En cada tractament es van utilitzar deu enciams per mesurar deposició amb els papers de filtre col·locats segons la **figura 5**, tal i com s'ha explicat anteriorment. Un cop realitzada la polvorització van ser guardats en bosses hermètiques marcades segons la posició corresponent.

Per a fer una avaluació qualitativa de l'aplicació, es van col·locar cinc papers hidrosensibles per tractament tal i com mostra la **figura 5**.

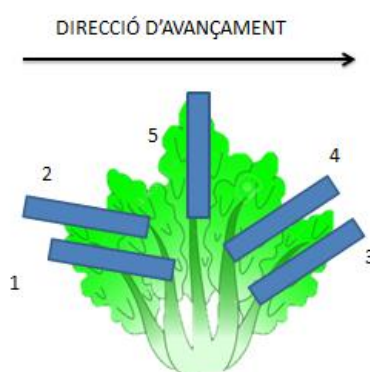


Figura 5: Distribució dels col·lectors en l'enciam.

4.9.2. Mesura de la deposició en el sòl

La deposició de producte al sòl, és la part de pèrdues de brou que es produeixen en una aplicació i que queden en el terra de la parcel·la, podent produir contaminacions en aigües subterrànies o alterant la composició química del sòl degut a l'acumulació de residus químics. Per tal de comptabilitzar-les, es van col·locar deu col·lectors just després dels enciams en que s'avaluava la deposició de producte en fulla.

En cada tractament, es col·locaven les plaques tapades, i un cop estaven la resta de col·lectors col·locats i el tractor llest per a la polvorització, es destapaven. Just acabat el tractament, es tapaven per evitar contaminacions i es recollien.

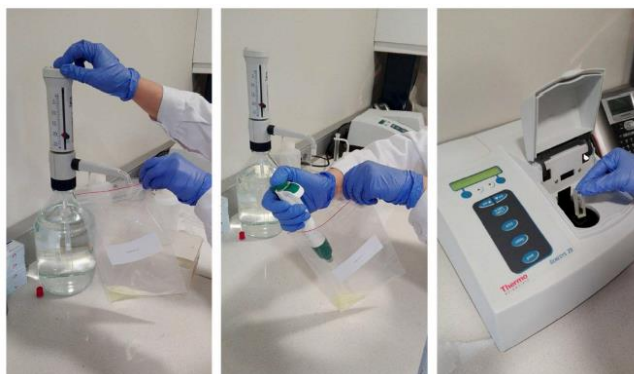
4.10. Anàlisis de les mostres

4.10.1. Anàlisi del traçador

En primer lloc es van analitzar els papers de filtre corresponents a la mesura de la deposició en la vegetació, les mostres en blanc i la deposició en el sòl. Per fer l'anàlisi pertinent, es va realitzar una dissolució de 20 mil·lilitres amb aigua destil·lada en cada mostra i barrejant aquesta durant un minut perquè es produís l'alliberament del traçador. En el cas que tot i realitzant la dissolució la concentració fos molt elevada (superior al rang de la lectura del espectrofotòmetre) la mostra, es diluïa altre cop, amb 20 mil·lilitres més d'aigua destil·lada per tal de poder-ne fer una lectura correcta.

Un cop feta la dissolució, es pipetejava una petita quantitat d'aquesta per introduir-la en la cubeta i poder-la llegir en l'espectrofotòmetre (Thermo Scientific Genesys 20, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, USA) amb una longitud d'ona de 427 nanòmetres. L'absorbància llegida s'anotava en una fulla d'Excel juntament amb l'etiquetatge de cada mostra en concret, pel posterior tractament de dades.

Per analitzar les mostres preses del dipòsit, es va fer una dilució 1:100 de les mostres per tal que l'espectrofotòmetre les pogués llegir amb fiabilitat. Es pipetejava 1 mil·lilitre de les mostres del dipòsit i s'enrasava amb aigua destil·lada a un matràs de 100 mil·lilitres obtenint un valor d'absorbància que també era anotat en una fulla Excel pel posterior tractament de dades.



Fotografia 6: Anàlisis de les mostres amb traçador. Font: Arxiu UMA.

Per a totes les mostres en que el col·lector fos paper de filtre, es va calcular la deposició (d) dividint la concentració del traçador en la solució de rentat de la mostra (T_{cl}) per l'àrea del col·lector (L_a), segons l'equació 3:

$$d = \frac{T_{cl} \cdot w}{L_a}$$

Equació 3

on:

d = Deposició del traçador per superfície del col·lector ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)

T_{cl} = concentració de traçador en la solució de rentat de la mostra ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

w = quantitat d'aigua destil·lada (mL)

L_a = àrea del col·lector (cm^2)

Com que la concentració de traçador dins del tanc d'aplicació (T_{cs}) pot variar entre els diferents tractaments, es calcula la deposició normalitzada (d_n) que es calcula dividint la deposició (d) per la quantitat de concentració de traçador dins del tanc (T_{cs}) pel volum d'aplicació de cada tractament (V), tal i com mostra l'equació 4.

La deposició normalitzada (d_n) permet realitzar comparacions entre els diferents tractaments. Aquest procediment s'ha aplicat prèviament en altres estudis (*Cross et al, 2001; Viret et al, 2003; Siegfried et al, 2007; Llorens et al, 2010; Gil et al, 2011; Llop et al, 2015*) on es comparava diferents tractaments en diferents polvoritzadors o diferents condicions de camp.

$$d_n = \frac{d \cdot 10^5}{V \cdot T_{cs}} \quad \text{Equació 4}$$

on:

d_n = deposició normalitzada ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}_{\text{col}\cdot\text{lector}} / \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}_{\text{sòl}}$)

d = deposició del traçador per superfície del col·lector ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)

V = volum d'aplicació ($\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$)

T_{cs} = concentració de traçador dins del tanc d'aplicació ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

4.10.2. Anàlisis dels papers hidrosensibles

Pel que fa als papers hidrosensibles es va valorar qualitativament l'aplicació de cada tractament i sense profunditzar, la distribució de les gotes. També ens va permetre complementar les dades obtingudes referents a deposició a través de l'anàlisi visual d'aquests.

4.11. Anàlisi estadístic

Per fer l'anàlisi estadístic de les dades es va utilitzar el programa RStudio. Per a l'anàlisi de deposició, es va fer un test ANOVA d'anàlisi de la variància entre els diferents enciams i un altre pels col·lectors del sòl de cada tractament per tal de poder tractar les dades com a repeticions i descartar que alguna d'elles fos un valor atípic (outlaier). Prèviament a aquest test, es va comprovar que el conjunt de dades complien una sèrie de suposicions, com la normalitat en la distribució de la variable, la igualtat entre variàncies i la independència de les observacions. D'aquesta manera, es van poder tractar les dades amb proves paramètriques.

Un cop comprovat que no existien diferències significatives entre elles i que per tant, es podien tractar com a repeticions, es van realitzar els respectius tests ANOVA i posteriorment, es van dur a terme diferents tests SNK (*Student Newman Keuls*) per realitzar la comparació de mitjanes. Es va utilitzar el test SNK ja que aquest test, utilitza una filosofia similar a la de Duncan per calcular el valor de la diferència crítica; de totes maneres, utilitza una altra taula per obtenir els valors dels rangs crítics que des de un punt de vista matemàtic, són més defensables que la taula utilitzada per Duncan i per tant, els resultats obtinguts són més confiables.

5. Resultats

5.1. Enquesta

A continuació, es mostren els resultats obtinguts en les preguntes utilitzades per a definir els paràmetres de treball. El nombre total d'enquestats fou de 10 agricultors.

Quin és el volum d'aplicació més freqüent en les aplicacions en cultiu d'enciam?



Figura 6: Pregunta referent al volum d'aplicació en l'enquesta realitzada als agricultors de l'ADV del Baix Llobregat.

Quin tipus de broquets utilitza?

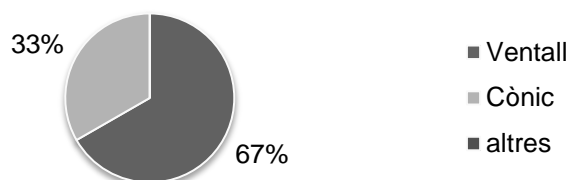


Figura 7: Pregunta referent a la tipologia de broquet en l'enquesta realitzada als agricultors de l'ADV del Baix Llobregat.

En la **figura 6**, es mostren els resultats referents a la pregunta sobre el volum d'aplicació més freqüent en les aplicacions en cultiu d'enciam, que oscil·len entre els 300L/ha i 800L/ha.

En la **figura 7**, es mostren els resultats referents a la pregunta sobre la tipologia de broquets utilitzada essent força majoritari l'ús del broquet de ventall. També es pot apreciar que el broquet cònic és utilitzat.

L'enquesta sencera es mostra en l'**ANNEX I**.

5.2. Uniformitat de la distribució horitzontal

A través de la mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal, es va poder extreure el coeficient de variació de cada broquet (**Taula 4**).

Taula 4: Coeficient de variació (%) referent a la uniformitat en la distribució horitzontal de la barra de polvorització.

Uniformitat en la distribució horitzontal				
Tractament	Tipologia ¹	Volum (L/ha)	Pressió (bar)	Coeficient de variació(%)
T1	FF	200	2,50	5,99
T2	AIFF	200	2,50	7,30
T3	2AIFF	200	2,50	9,36
T4	2AIFFA	200	3,50	6,60
T5	FF	300	2,50	5,58
T6	AIFF	300	2,50	5,32
T7	2AIFF	300	2,50	6,62
T8	2AIFFA	300	3,50	4,44
T9	FF	450	3,00	4,72
T10	AIFF	450	3,00	7,12
T11	2AIFF	450	3,00	2,86
T12	FF	600	3,00	4,30
T13	HC	200	8,00	8,99
T14	HC	300	8,00	7,09
T15	HC	450	6,00	26,55

1 → FF: ventall convencional; AIFF: ventall amb injecció d'aire; 2AIFF: doble ventall amb injecció d'aire; 2AIFFA: doble ventall asimètric amb injecció d'aire; HC: cònic

Amb els resultats obtinguts, es va procedir a la utilització de tots i cadascun dels broquets esmenats.

En les **figures 8, 9, 10, 11 i 12**, es pot apreciar la distribució de la quantitat de líquid al llarg de la barra a partir de les mesures preses per l'escàner horitzontal.

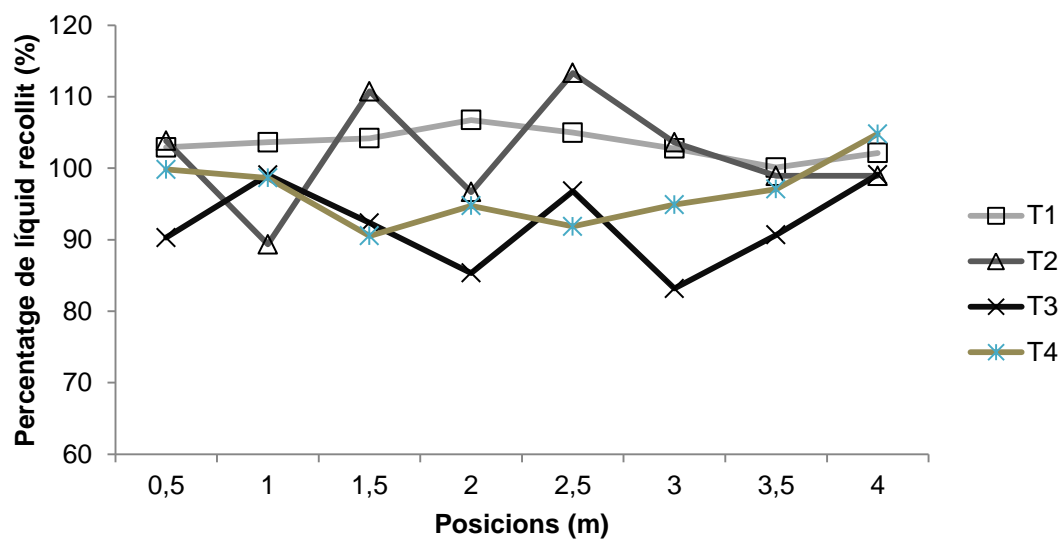


Figura 8: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) en els tractaments de 200 L/ha amb broquet de ventall (T1), ventall amb injecció d'aire (T2), doble ventall simètric (T3) i doble ventall asimètric (T4).

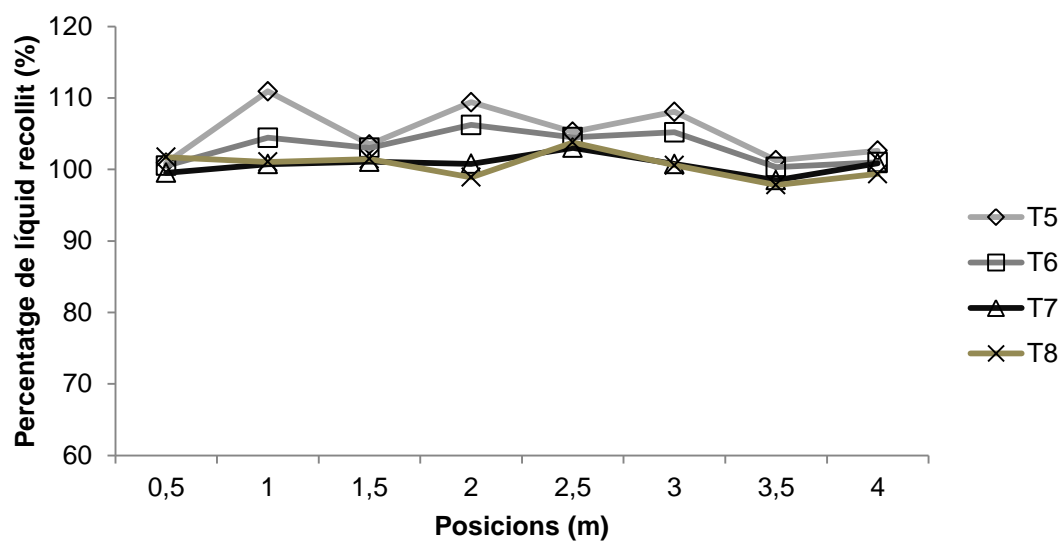


Figura 9: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) en els tractaments de 300 L/ha amb broquet de ventall (T5), ventall amb injecció d'aire (T6), doble ventall simètric (T7) i doble ventall asimètric (T8).

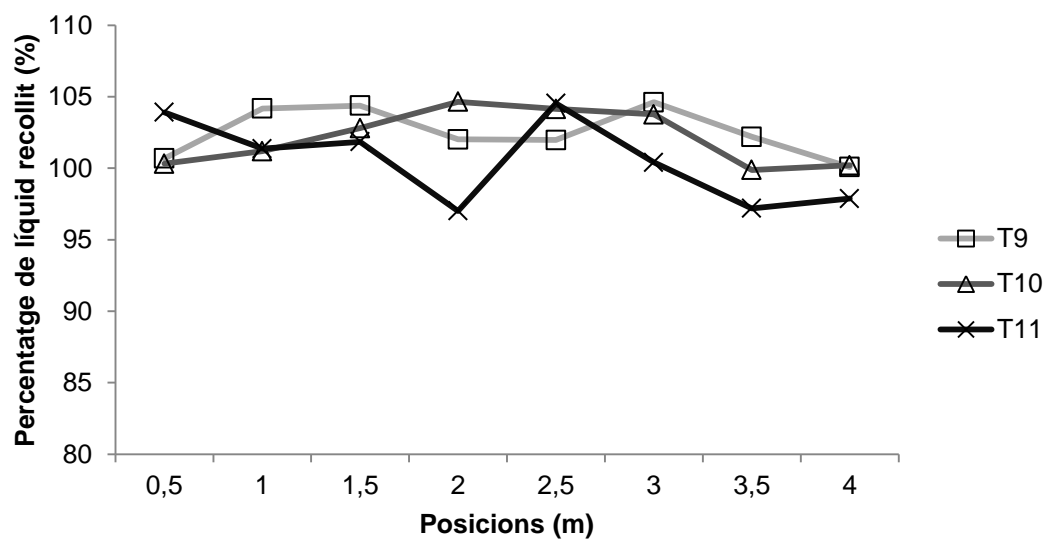


Figura 10: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) en els tractaments de 450 L/ha amb broquet de ventall (T9), ventall amb injecció d'aire (T10), doble ventall simètric (T11).

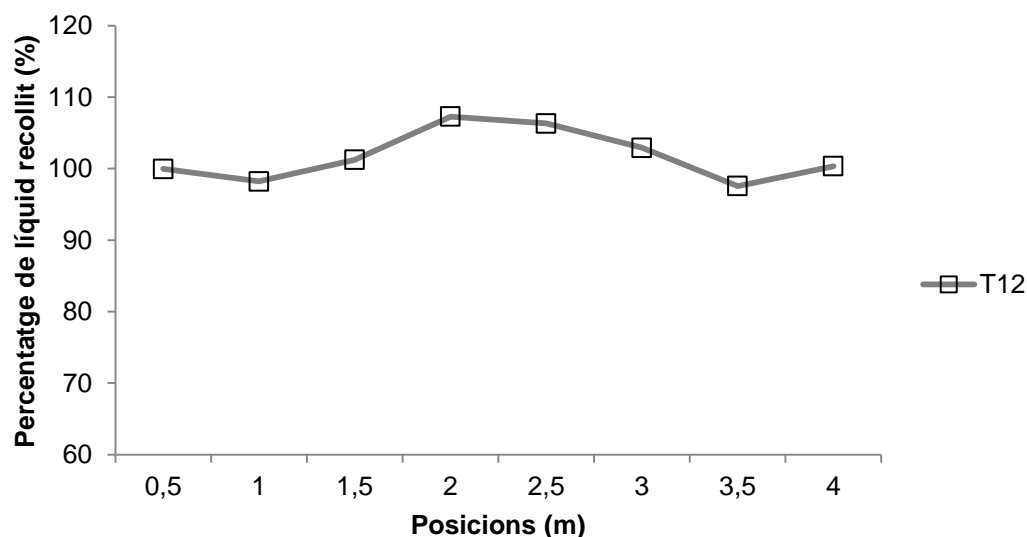


Figura 11: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) del tractament 12 corresponent a un volum d'aplicació de 600 L/ha amb broquet de ventall.

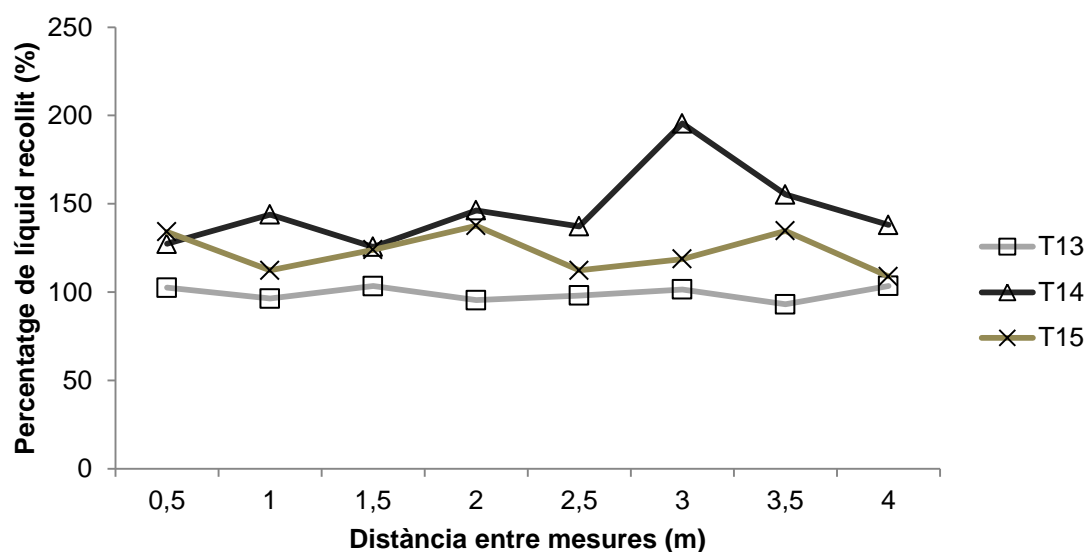


Figura 12: Distribució horitzontal representada en forma de percentatge de líquid recollit (%) dels tractaments amb broquet cònic a 200 (T13), 300 (T14) i 450 L/ha (T15).

5.3. Avaluació de la distribució de producte en la vegetació i pèrdues al sòl

5.3.1. Condicions meteorològiques durant l'assaig

La velocitat del vent és l'aspecte meteorològic més important de cara a les polvoritzacions ja que aquesta es pot veure afectada. En la **taula 5** podem observar la velocitat (m/s) i direcció (°) del vent a l'hora de l'inici de la polvorització de cada tractament. La velocitat del vent es recomana que no ha de superar els 3m/s ja que a partir d'aquesta, les polvoritzacions es veuen afectades.

Taula 5: Hora d'inici de la polvorització de cada tractament, velocitat (m/s) i direcció (°) del vent.

	T4	T3	T2	T1	T8	T7	T6	T5	T11	T10	T9	T12	T13	T14	T15
Hora de realització	20:59:00	21:13:35	21:25:10	21:40:04	21:53:17	22:06:52	22:24:12	22:34:03	22:52:56	23:45:16	23:54:03	00:02:57	00:15:17	00:48:56	00:57:11
Velocitat del vent (m/s)	1,53	1,31	1,25	1,16	1,51	0,68	0,46	0,41	0,71	0,5	0,43	0,33	0,89	2,7	2,38
Direcció del vent (°)	130	150	110	110	140	100	50	100	120	110	110	20	110	80	80

5.3.2. Avaluació de la distribució del producte en la vegetació

L'objectiu final d'un tractament fitosanitari és que quedi la màxima quantitat de producte impregnat a la vegetació del cultiu sense que es produeixin pèrdues al sòl i amb una distribució homogènia. En aquest treball s'han avaluat les diferents tipologies de broquet en cadascun dels volums plantejats i en cadascuna de les posicions definides de l'enciam.

Per a dur a terme aquest anàlisi el primer que es va fer va ser un test ANOVA entre les diferents repeticions de cada tractament per tal d'assegurar que no existien diferències entre elles i així poder-les tractar conjuntament. Prèviament a cada test ANOVA es van fer les corresponents proves de normalitat, homogeneïtat i comprovació dels valors residuals de les dades.

En la **figura 13** es poden observar els valors totals de la mitjana de la deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) obtinguts en cada tractament. També s'expressa la SEM, que és l'error estàndard de la mitjana. La SEM expressa la dispersió que tindria la mitjana de una mostra de valors si es continuessin prenent mostres, és a dir, proporciona una idea de la precisió de la mitjana.

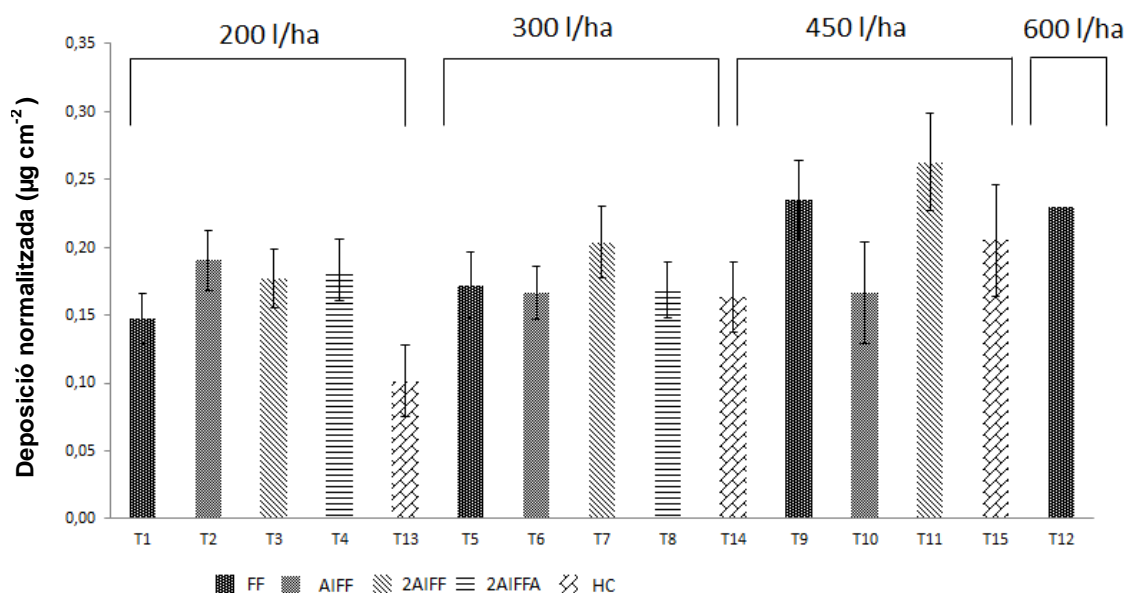


Figura 13: Deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) dels tractaments en fulla (mitjana \pm SEM)

Un cop comprovat que entre repeticions de cada tractament no hi ha diferències significatives, es va realitzar un test ANOVA per als tractaments a 200 L/ha (broquet de ventall, ventall amb injecció d'aire, doble ventall asimètric, doble ventall simètric i cònic), un per als tractaments a 300 L/ha (broquet de ventall, ventall amb injecció d'aire, doble ventall asimètric, doble ventall simètric i cònic) i un tercer per als tractaments a 450 L/ha (broquet de ventall, ventall amb injecció d'aire, doble ventall simètric i cònic), per veure si entre tractaments amb un mateix volum d'aplicació hi havia diferències significatives.

Els resultats dels tests mostren que entre els tractaments a 200 L/ha hi ha diferències significatives i que entre els tractaments a 300 i 450 L/ha aparentment no hi ha diferències significatives.

Les diferències que existeixen entre tractaments del mateix volum són efecte de la posició del col·lector en la vegetació. Per poder contrastar aquesta hipòtesis es va realitzar un test ANOVA de dos factors (tractament i posició) per a cada volum d'aplicació.

5.3.2.1. Resultats volum d'aplicació 200 L/ha

En la **taula 6** es mostren els broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 200 L/ha

Taula 6: Broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 200 L/ha.

Tractament	Tecnologia ¹	Fabricant	Codi ISO	Mida de gota ²	Cabal (L/min)	Volum (l/ha)	Pressió (bar)	Velocitat (km/h)
T1	FF	Hardi	2	M	0,72	200	2,50	4,00
T2	AIFF	Teejet AIXR	2	VC	0,72	200	2,50	4,00
T3	2AIFF	Teejet AITTJ 60	2	VC	0,72	200	2,50	4,00
T4	2AIFFA	Lechler IDTA	2	VC	0,86	200	3,50	4,50
T13	HC	Teejet Conejet	1	F	0,67	200	8,00	4,00

1 → FF: ventall convencional; AIFF: ventall amb injecció d'aire; 2AIFF: doble ventall amb injecció d'aire; 2AIFFA: doble ventall asimètric amb injecció d'aire; HC: cònic

2 → M: mitjana; VC: molt gran; F: fina

A la **taula 7** es pot observar els resultats del test ANOVA de dos factors que mostra la interacció entre el tractament i la posició dels col·lectors en la vegetació dels tractaments amb un volum d'aplicació de 200 L/ha.

Els resultats obtinguts en el test ANOVA, ens indiquen que hi ha una certa interacció entre els dos factors i que les diferències significatives entre tractaments de 200L/ha són degudes a la posició dels col·lectors en la vegetació ja que tal i com mostra la **taula 7** en tots casos el resultat del test és no significatiu.

Taula 7: Resultats del test ANOVA de dos factors per a la interacció tractament-posició a 200l/ha.

200l/ha	ANOVA				
	Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F	Sig.
Posició	4,02	2	2,0103	103,921	< 2e -16*
Tractament	0,62	4	0,1549	8,009	4,54 e -06*
Posició:Tract.	0,40	8	0,0501	2,591	0,00991*
Total	4,55	235	0,0193		

* existeixen diferències significatives entre tractaments ($p < 0,05$)

Sabent que hi ha una certa interacció entre els tractaments i la posició dels col·lectors, es va realitzar un test ANOVA entre els tractaments de 200L/ha i cadascuna de les posicions agrupades en anvers, revers i centre. Els resultats van evidenciar que hi havia diferències significatives entre els tractaments i cadascuna de les posicions. Així doncs es va optar per realitzar el test SNK (*Student Newman Keuls*). Aquest test, és una prova de comparacions múltiples que ens permet observar quins tractaments presenten diferències estadístiques entre ells. La **figura 14** ens permet observar el resultat d'aquests tests.

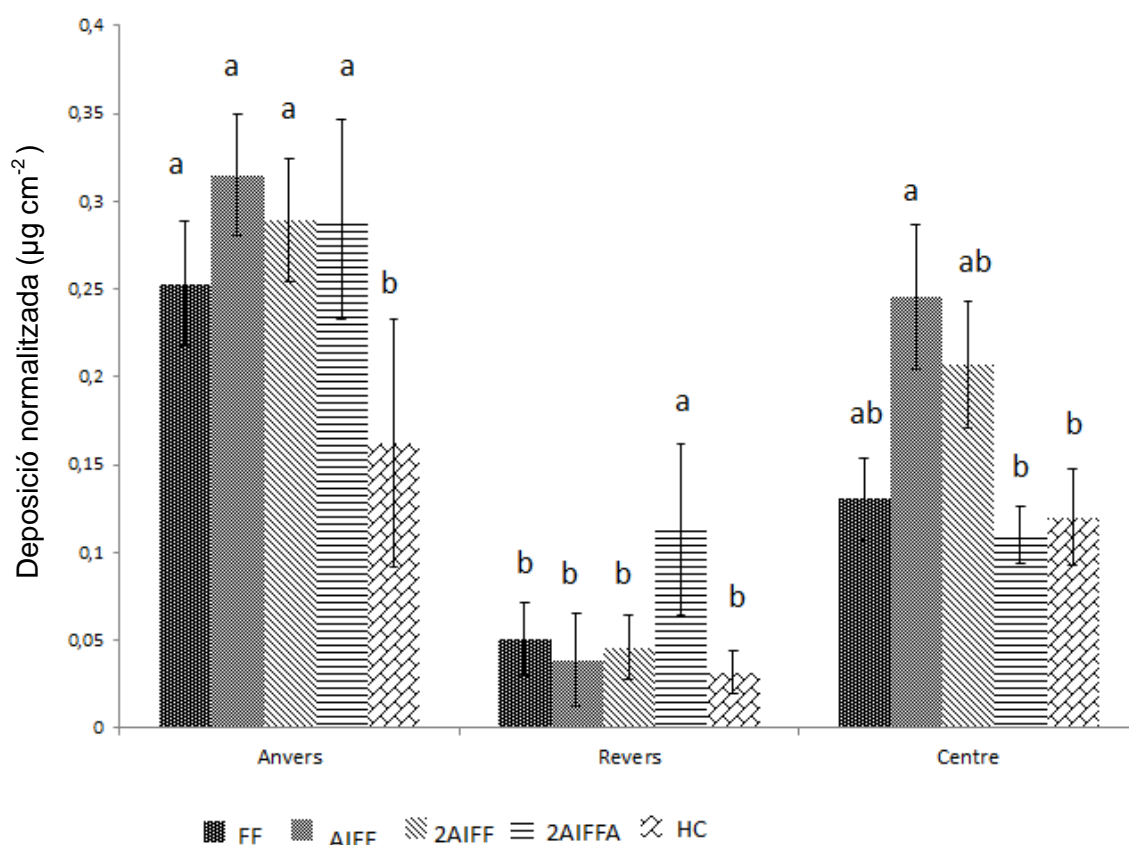


Figura 14: Resultats dels tests SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per a cada posició en els tractaments realitzats a 200L/ha. (mitjana \pm SEM).

En l'anvers, podem veure com es distingeixen dos grups significativament diferents (a i b), que expliquen que en aquesta posició no hi ha diferències significatives entre les diferents tipologies de broquets exceptuant en el broquet cònic corresponent al tractament 13 que es veu clarament que la deposició sobre aquesta posició és força menor que en els altres tractaments.

En el revers, podem distingir dos grups significativament diferents (a i b), que expliquen, que en aquesta posició, no hi ha diferències significatives entre les diferents tipologies de broquets, exceptuant el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire corresponent al tractament 4, en el que es pot apreciar que la deposició és superior en comparació amb els altres tractaments.

En la part central, podem distingir dos grups significativament diferents (a i b) i un tercer grup que està relacionat amb els altres dos (ab). Aquests grups expliquen que en aquesta posició entre el broquet de ventall, ventall amb injecció d'aire i doble ventall simètric no hi ha diferències significatives i que entre el broquet de ventall, doble ventall simètric, doble ventall asimètric i cònic tampoc. En canvi, si que hi ha diferències significatives entre el broquet de ventall amb injecció d'aire, doble ventall asimètric i cònic, que representen els tractaments amb major i menor deposició en aquesta posició, respectivament. Pel que fa al broquet amb major deposició en aquesta zona és el broquet de ventall amb injecció d'aire.

5.3.2.2. Resultats volum d'aplicació 300 L/ha

A la **taula 8** es mostren els broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 300 L/ha.

Taula 8: Broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 300 L/ha.

Tractament	Tecnologia ¹	Fabricant	Codi ISO	Mida de gota ²	Cabal (L/min)	Volum (l/ha)	Pressió (bar)	Velocitat (km/h)
T5	FF	Hardi	3	M	1,08	300	2,50	4,00
T6	AIFF	Teejet AIXR	3	VC	1,08	300	2,50	4,00
T7	2AIFF	Teejet AITTJ 60	3	XC	1,08	300	2,50	4,00
T8	2AIFFA	Agrotop TD	3	VC	1,28	300	3,50	4,50
T14	HC	Lechler TR80	15	F	0,98	300	8,00	4,00

1→ FF: ventall convencional; AIFF: ventall amb injecció d'aire; 2AIFF: doble ventall amb injecció d'aire; 2AIFFA: doble ventall asimètric amb injecció d'aire; HC: cònic

2→ M: mitjana; VC: molt gran; XC: extra gran F: fina

A la **taula 9** s'exposen els resultats del test ANOVA de dos factors que mostra la interacció entre el tractament i la posició dels col·lectors en la vegetació dels tractaments amb un volum d'aplicació de 300 L/ha.

Els resultats obtinguts en el test ANOVA, ens indiquen que no hi ha interacció entre els dos factors. De totes maneres, el test ens indica que hi ha diferències significatives entre posicions tal i com mostra la **taula 9** en que el factor posició presenta diferències significatives.

Taula 9: Resultats del test ANOVA de dos factors per a la interacció tractament-posició a 300 L/ha.

300l/ha	ANOVA				
	Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F	Sig.
Posició	7,04	2	3,519	227,091	< 2e -16*
Tractament	0,11	4	0,027	1,768	0,136
Posició:Tract.	0,21	8	0,026	1,651	0,111
Total	3,64	235	0,015		

* existeixen diferències significatives entre tractaments ($p < 0,05$)

Sabent que poden existir diferències entre les posicions dels diferents tractaments, es va realitzar un test ANOVA entre els tractaments de 300 L/ha i cadascuna de les posicions agrupades en anvers, revers i centre. Els resultats d'aquests testos van evidenciar que hi havia diferències entre tractaments en la posició del revers, mentre que en l'anvers i la posició central no hi havia diferències significatives entre tractaments. Així doncs es va optar per realitzar el test SNK (*Student Newman Keuls*) en la posició revers. La **figura 15** ens permet observar el resultat d'aquest test.

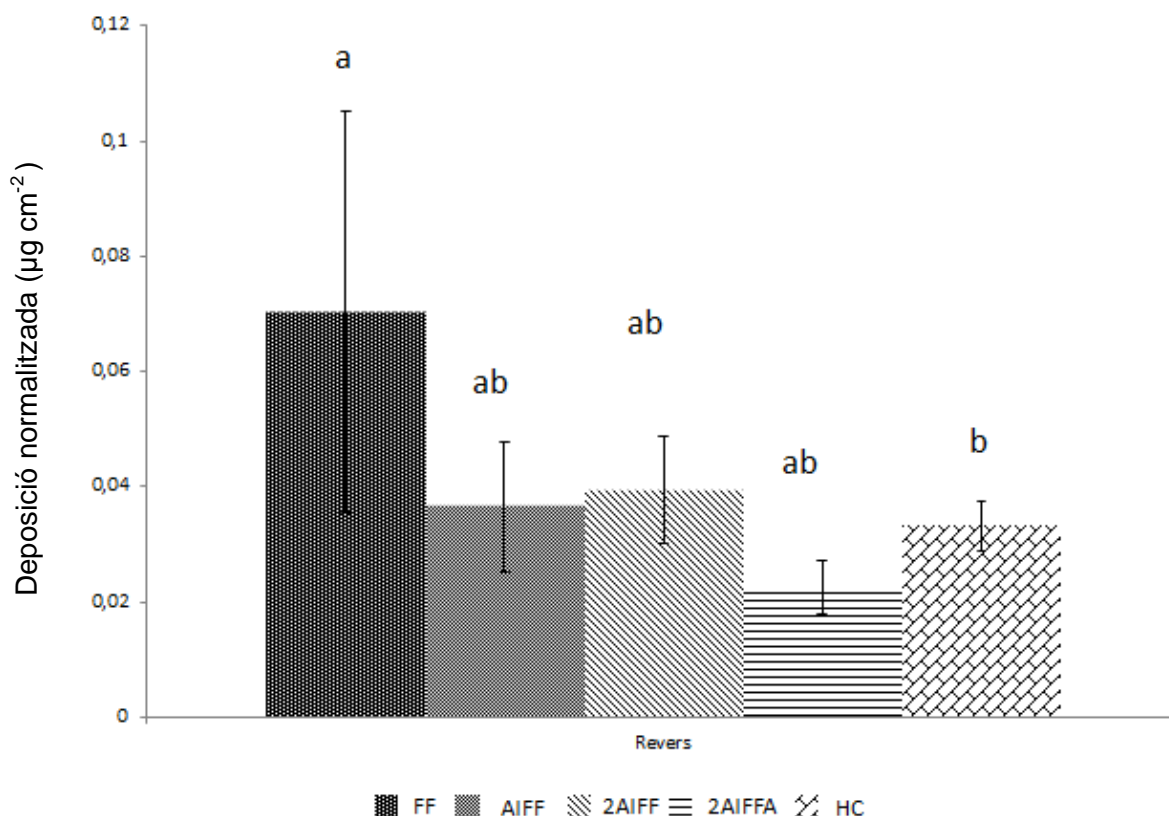


Figura 15: Resultats del test SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per la posició revers en els tractaments de 300 L/ha. (mitjana \pm SEM).

Podem observar que en el revers de la vegetació, que és la posició en la qual s'aprecien diferències significatives entre tractaments, podem distingir dos grups significativament diferents (a i b) i un tercer grup que està relacionat amb els altres dos (ab). Aquests grups expliquen que en aquesta posició entre el broquet de ventall, ventall amb injecció d'aire, doble ventall simètric i doble ventall asimètric no hi ha diferències significatives i que entre el broquet de ventall amb injecció d'aire, doble ventall simètric, doble ventall asimètric i cònic tampoc. En canvi, si que hi ha diferències significatives entre el broquet de ventall i cònic, que representen els tractaments amb major i menor deposició en aquesta posició, respectivament. El broquet amb major deposició en aquesta posició de la vegetació és el broquet de ventall convencional.

5.3.2.3. Resultats volum d'aplicació 450 L/ha

A la **taula 10** es mostren els broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 450 L/ha.

Taula 10: Broquets avaluats amb un volum d'aplicació de 450 L/ha.

Tractament	Tecnologia ¹	Fabricant	Codi ISO	Mida de gota ²	Cabal (L/min)	Volum (l/ha)	Pressió (bar)	Velocitat (km/h)
T9	FF	Hardi	4	M	1,58	450	3,00	4,00
T10	AIFF	Teejet AIXR	4	VC	1,58	450	3,00	4,00
T11	2AIFF	Teejet AITTJ 60	4	VC	1,58	450	3,00	4,00
T15	HC	Albuz ATR vermella		F	1,51	450	6,00	4,00

1→ FF: ventall convencional; AIFF: ventall amb injecció d'aire; 2AIFF: doble ventall amb injecció d'aire; HC: cònic

2→ M: mitjana; VC: molt gran; XC: extra gran F: fina

A la **taula 11** s'exposen els resultats del test ANOVA de dos factors que mostra la interacció entre el tractament i la posició dels col·lectors en la vegetació dels tractaments amb un volum d'aplicació de 450 L/ha.

Els resultats obtinguts en el test ANOVA, ens indiquen que no hi ha interacció entre els dos factors. De totes maneres, el test ens indica que hi ha diferències significatives entre posicions i entre tractaments tal i com mostra la **taula 11** en que el factor posició i tractament presenta diferències significatives.

Taula 11: Resultats del test ANOVA de dos factors per a la interacció tractament-posició a 450 L/ha.

ANOVA					
400 l /ha	Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F	Sig.
Posició	8,908	2	4,454	183,678	< 2e -16*
Tractament	0,332	3	0,111	4,569	0,0041*
Posició:Tract.	0,146	6	0,024	1	0,4265
Total	4,559	188	0,024		

* existeixen diferències significatives entre tractaments (p < 0,05)

Sabent que poden existir diferències entre les posicions dels diferents tractaments, es va realitzar un test ANOVA entre els tractaments de 450L/ha i cadascuna de les posicions agrupades en anvers, revers i centre. Els resultats d'aquests tests van evidenciar que hi havia diferències entre tractaments en la posició del revers, mentre que en l'anvers i la posició central no hi havia diferències significatives entre tractaments. Així doncs es va optar per realitzar el test SNK (*Student Newman Keuls*). La **figura 16** ens permet observar el resultat d'aquest test.

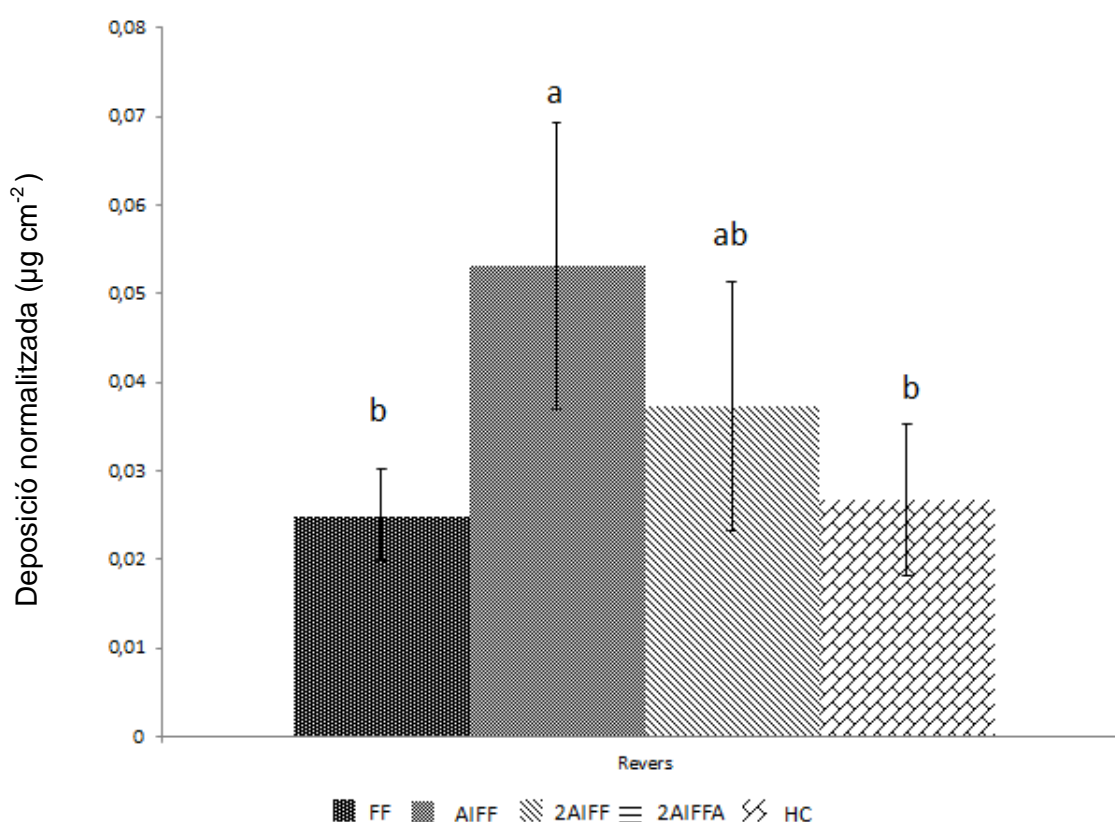


Figura 16: Resultats del test SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per la posició revers en els tractaments realitzats a 450 L/ha. (mitjana \pm SEM).

Podem observar que en el revers de la vegetació, que és la posició en la qual s'aprecien diferències significatives entre tractaments, podem distingir dos grups significativament diferents (a i b) i un tercer grup que està relacionat amb els altres dos (ab). Aquests grups expliquen que en aquesta posició entre el broquet de ventall amb injecció d'aire i doble ventall simètric no hi ha diferències significatives i que entre el broquet de doble ventall simètric, ventall i cònic tampoc. En canvi, si que hi ha diferències significatives entre el broquet de ventall, ventall amb injecció d'aire i cònic que representen els tractaments amb major i menor deposició en aquesta posició, respectivament. El broquet amb major deposició en aquesta posició de la vegetació és el broquet de ventall amb injecció d'aire.

5.3.2.4. Resultats volum d'aplicació 600 L/ha

Per aquest volum només s'ha avaluat el broquet de ventall ja que a través de les enquestes es va concloure que és el més utilitzat pels agricultors de l'ADV del Baix Llobregat a aquest volum.

Per tal d'avaluar el tractament d'aquest volum es van analitzar les possibles diferències entre els tractaments homònims dels altres volums d'aplicació, és a dir els tractaments on s'utilitzava el broquet de ventall convencional. Es va realitzar un test ANOVA entre aquests, el resultat del qual fou que aparentment no existien diferències, tal i com mostra la **taula 12**.

Taula 12: Resultat del test ANOVA entre tractaments amb broquet de ventall convencional i diferent volum d'aplicació.

FF	ANOVA				
	Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F	Sig.
Tract.	0,217	3	0,07237	1,389	0,247
Total	10,211	196	0,0521		

Malgrat aquest resultat, es van analitzar aquests tractaments en funció de la posició dels col·lectors en la vegetació. Es va dur a terme tres tests ANOVA on s'avaluaven les possibles diferències entre tractaments en l'anvers, revers i

part central. En aquests testos, els resultats van ser que en l'anvers i la part central de la vegetació hi ha diferències significatives entre tractaments, mentre que en el revers no.

A partir d'aquest resultat es van dur a terme dos testos SNK un per l'anvers i l'altre per la part central on es van extreure els següents resultats: **(figura 17)**

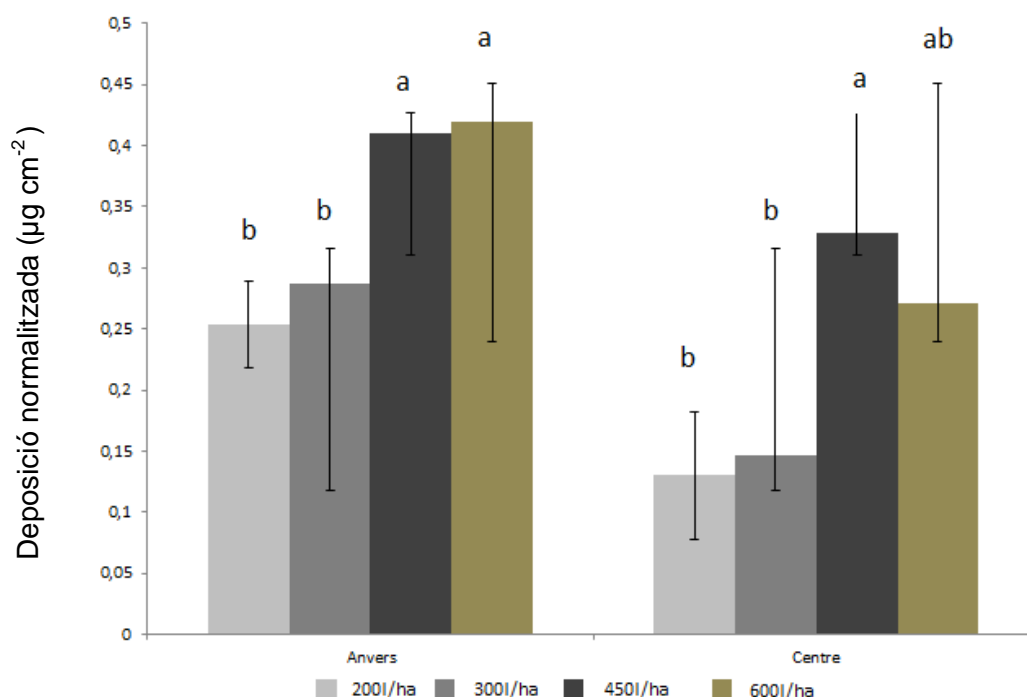


Figura 17: Resultats del test SNK expressats en deposició normalitzada ($\mu\text{g cm}^{-2}$) per la posició anvers i centre en els tractaments realitzats amb broquet de ventall a un volum d'aplicació de 200, 300, 450 i 600 L/ha. (mitjana \pm SEM).

En les dues posicions podem veure com no existeixen diferències entre el tractament de 600L/ha i 450L/ha en canvi si que existeixen diferències amb els tractaments de 200L/ha i 300L/ha. Per tant, admetem que per diferenciar les diferents tipologies de broquets a 600L/ha ens hem de veure en els resultats obtinguts a 450L/ha ja que podríem considerar el broquet de ventall convencional com l'opció més desfavorable i per tant si en aquesta no hi ha diferències, en les altres tampoc.

5.3.3. Avaluació de les pèrdues del producte en el sòl

Per tal de poder tractar cadascun dels col·lectors com a repeticions, i descartar que alguna d'elles fos un valor atípic (outlier) es va realitzar un test ANOVA entre les repeticions de cada tractament.

Els resultats dels test, no van ser significatius. En aquest cas no es va aplicar el test SNK (*Student Newman Keuls*).

Un cop comprovat que entre repeticions de cada tractament no hi ha diferències significatives, es van realitzar dos tests ANOVA. Un test ANOVA per tal de analitzar si hi ha diferències significatives entre la deposició al sòl i els diferents tractaments i un altre ANOVA entre la deposició al sòl i els tractaments separats per volum d'aplicació.

En la **taula 13** es mostren els resultats del test ANOVA entre la deposició al sòl i els diferents tractaments. Es pot veure que existeixen diferències significatives entre aquests.

Taula 13: Resultats del test ANOVA entre la deposició al sòl i els diferents

Sòl	ANOVA				
	Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F	Sig.
Tractaments	3,674	14	0,262	6,291	1,46e-09*
Total	5,631	135	0,041		

tractaments.

* existeixen diferències significatives entre tractaments ($p < 0,05$)

En la **taula 14** es mostren els resultats del test ANOVA entre la deposició al sòl i els diferents tractaments separats per volum d'aplicació. Es pot veure que no existeixen diferències significatives entre aquests.

Taula 14: Resultats del test ANOVA entre la deposició al sòl i els diferents tractaments.

Sòl	ANOVA					Sig.
	Suma de quadrats	gl	Mitjana quadràtica	F		
Volum	0,187	1	0,186	3,018		0,0839
Total	9,118	148	0,061			

Sabent que poden existir diferències entre tractaments, es va dur a terme un test SNK (*Student Newman Keuls*). La **figura 18** ens permet veure els resultats d'aquests.

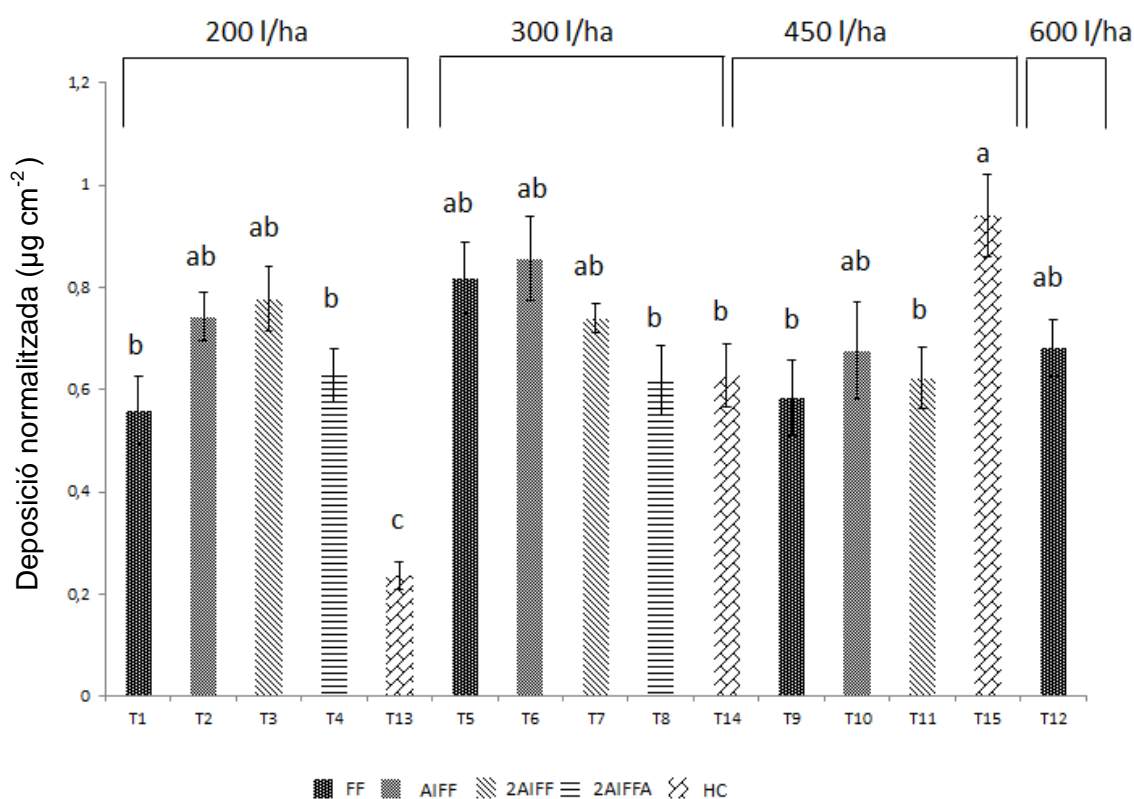


Figura 18: Resultat del test SNK expressat en forma de deposició normalitzada al sòl ($\mu\text{g cm}^{-2}$). (mitjana \pm SEM)

Podem distingir tres grups significativament diferents (a, b i c) i un quart grup que esta relacionat amb els dos primers (ab). Aquests grups expliquen que entre els tractaments agrupats en ab i a no hi ha diferències significatives, així com tampoc n'existeixen entre els tractaments agrupats en ab i b. En canvi si que hi ha diferències significatives entre els tractaments agrupats en a, b i c que representen els tractaments amb major i menor deposició, respectivament.

El broquet amb menor deposició al sòl és el broquet cònic corresponent al tractament 13.

El fet que sigui aquest broquet el que presenta menor deposició al sòl, és degut a que la gota que produeix és molt fina i les pressions a que treballa creen una turbulència que fa que aquesta aplicació sigui molt sensible a la deriva provocant el transport del producte lluny de on estaven col·locats els col·lectors.

6. Discussió

Per tal de veure diferències entre tipologies de broquets, necessitem avaluar els resultats amb les dades separades per volums i per posició ja que tal i com s'exposa a l'apartat anterior hi ha diferències significatives entre aquestes.

Així doncs, tal i com s'ha vist, en els tractaments amb un volum d'aplicació de 200 L/ha, trobem diferències significatives en totes i cadascuna de les posicions dels col·lectors en la vegetació ja que hi ha diferències entre tipologies de broquet. En l'anvers, es pot veure que entre tecnologies de broquets aparentment no hi ha diferències excepte quan parlem del broquet cònic *Teejet Conejet 8001* corresponent al tractament 13 que mostra una deposició menor que la resta degut que la gota que produeix aquest broquet és una gota fina i per tant té molta sensibilitat a la deriva, provocant que gran part del producte aplicat es perdi per l'efecte d'aquesta. A més a més, el fabricant recomana treballar amb pressions molt elevades degut a la tipologia del broquet, el que provoca una turbulència molt gran. Una altra possible causa és la falta d'uniformitat en l'aplicació amb aquesta tipologia de broquets com es pot veure en la **figura 12**, corresponent a la mesura de la uniformitat de la distribució horitzontal. Malgrat no haver-hi diferències entre la resta de broquets en la deposició en la vegetació, sí que n'hi ha en la deposició al sòl. Podem veure com el broquet de ventall *HARDI 11002* i el broquet *Lechler IDTA 02* corresponents al tractament 1 i 5 respectivament, són els que presenten menor deposició al sòl però el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire, *Lechler IDTA 02*, és el que presenta major deposició en fulla entre aquests dos. Aquest fet es deu a que el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire, presenta una mida de gota més gran que el broquet de ventall convencional i per tant la quantitat de producte que es diposita en la vegetació és major i en el sòl menor ja que la mida de la gota d'aquest broquet redueix l'efecte de la deriva, ja que es tracta d'un broquet amb una tecnologia creada amb aquest objectiu.

Aquest mateix broquet és el que presenta major deposició en la part del revers de la vegetació ja que la tecnologia amb la que compte, en la que es dibuixen dos angles d'aplicació diferents, permet arribar a zones amb major dificultat per altres broquets amb tecnologies més simples.

En la part central de la vegetació, en destaca el broquet de ventall amb injecció d'aire *Teejet AIXR 02*. La mida de gota que proporciona aquesta broquet en l'aplicació és prou gran per presentar una bona penetració en aquesta zona i evitar l'efecte de la deriva a l'hora de transportar les gotes lluny de l'objectiu de l'aplicació. A més presenta una bona uniformitat en l'aplicació, fet que el fa ser més efectiu.

En els tractaments de major volum com són els tractaments realitzats a 300 L/ha i 450 L/ha és molt complicat veure diferències significatives entre tipologies de broquets en la zona de l'anvers i la part central de la vegetació. Per poder avaluar quin dels broquets presenta millors aptituds en aquests volums ens hem de fixar en la deposició en el revers de la vegetació ja que és on s'aprecien diferències significatives.

En els tractaments amb un volum d'aplicació de 300 L/ha tal i com s'ha explicat, ens hem de fixar en la deposició al revers de la vegetació per poder diferenciar entre tipologies de broquets. En aquesta posició, en els broquets que presenten major deposició en fulla no es poden veure diferències significatives ja que tenen una deposició similar. Així doncs, per poder diferenciar ens centrem en la pèrdues al sòl on el broquet que presenta menor deposició és el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire *Agrotop TD 03* ja que la mida de gota produïda per la tecnologia d'aquest broquet es prou gran com per evitar l'efecte de la deriva.

En els tractaments amb un volum d'aplicació de 450 L/ha, la situació és la mateixa que en els tractaments amb un volum d'aplicació de 300 L/ha. De manera que ens hem de fixar en la deposició en el revers de la vegetació. En aquesta posició, els tractaments amb major deposició no es poden diferenciar ja que presenten una deposició en fulla similar.

Així doncs per poder diferenciar entre tipologies de broquets i tenint en compte que el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire no es va avaluar, ens centrem amb les pèrdues al sòl. En aquest cas, tampoc podem diferenciar entre broquets ja que la deposició entre el broquet de ventall amb injecció d'aire *Tejeet AIXR 04* i el broquet de doble ventall amb injecció d'aire *Teejet AITTJ60 04* no presenten diferències significatives pel que fa a la deposició al sòl. Tots dos broquets presenten una mida de gota similar ja que només els diferencia el nombre de ventalls i tots dos produeixen la gota mitjançant l'efecte venturi conegut com injecció d'aire. Això explica que no hi hagi diferències entre aquests.

Les tecnologies més favorables per a 450 L/ha, també es poden recomanar per a tractaments amb un volum d'aplicació de 600 L/ha ja que no s'han pogut apreciar diferències significatives entre aquests tractaments en cap de les posicions definides en la vegetació.

7.Conclusions

Com a conclusions del treball podem extreure que en funció del volum d'aplicació les diferents tipologies de broquet actuen de manera diferent en cadascuna de les posicions de l'enciam i en la deposició de producte al sòl.

Tenint en compte això, podem afirmar que els següents broquets són més eficients que els altres en funció de la zona a tractar i el volum d'aplicació recomanat.

- Per a un volum d'aplicació de 200 L/ha, el broquet recomanat per tractar l'anvers i la part central de l'enciam és el broquet de doble ventall asimètric amb injecció d'aire *Lechler IDTA 02*. Per tractar el revers de l'enciam, el broquet de ventall amb injecció d'aire Teejet AIXR 02.
- Per a un volum de 300 L/ha no podem diferenciar els diferents broquets per a la part central i l'anvers ja que la quantitat de líquid dipositat ja és tant gran que no hi ha diferències entre aquests. Per al revers de l'enciam el broquet recomanat és el broquet de doble ventall amb injecció d'aire *Agrotop TD 03*.
- Per a un volum de 450 L/ha no podem diferenciar els diferents broquets per a la part central i l'anvers ja que la quantitat de líquid dipositat ja és tant gran que no hi ha diferències entre aquests. Per al revers de l'enciam el broquet recomanat és el broquet de ventall amb injecció d'aire *Teejet AXIR 04* o el broquet de doble ventall amb injecció d'aire *Teejet AITTJ60 04*.
- Als agricultors de l'ADV del Baix Llobregat se'ls hi recomana reduir el volum d'aplicació ja que s'ha pogut comprovar que entre un volum d'aplicació de 600 L/ha i 450 L/ha no existeixen diferències. D'aquesta manera aconseguiríem reduir el volum d'aplicació en un 25%.
- Descartem els broquets cònics per a tractaments realitzats amb polvoritzador hidràulic ja que no són eficients pel que fa a deposició i uniformitat en la distribució.

8. Bibliografía

BOE. RD 1702/2011. Inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios. 2011.

BOE. RD 1311/2012. Marco de acción nacional sobre uso sostenible de los productos fitosanitarios. 2012.

Braekman P., Foqué D., Van Labeke MC., Pieters JG., David Nuyttens., 2009. *Influence of Spray Application Technique on Spray Depositon in Greenhouse Ivy Plot Plants Grown on Hanging Shelves*. HortScience 44(7); 1921-1927. 2009.

Carlton, J.B., Bouse, I.F., Witz, J.A., O'Neal, H.P., 1985. *Automating aerial spray deposit analysis*. Transactions of the ASAE 28: 1401-1405.

COM. Directiva 2006/42/CE del Parlament Europeu i el Consell. Relativa a les màquines i per la qual modifica la Directiva 95/16/CE. 2006

COM. Directiva 2009/127/CE del Parlament Europeu i el Consell. Per la que modifica la Directiva 2006/42/CE relativa a les màquines per a l'aplicació de plaguicides. 2009.

COM. Directiva 2009/128/CE del Parlament Europeu i el Consell. Per la que estableix el marc d'actuació comunitària per aconseguir un ús sostenible dels plaguicides. 2009.

Cooke, B.K., Hislop, E.C., 1993. *Spray tracing techniques*. In *Application Technology for Crop Protection*. Eds: G.A. Matthews i E.C. Hislop. CAB International. UK.

Cunha, M., Carvalho, C., Marcal., A., 2011. *Assessing tne ability of image processing softwareto analyse spray quality on wàter-sensitive papers used as artificial targets*.

Cross, J.V., Walklate, P.J., Murray, R.A., Richardson G.M., 2001. *Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 1. Effects of spray liquid flow rate*. Crop Protection 20 (1): 13–30.

Felber, H. U. 1997. *Pulverización adaptada al cultivo (Crop Adapted Spraying): Adaptación del volumen de caldo y la dosis a los parámetros del cultivo*. PHYTOMA, 92: 14-17.

Foqué D., Nuyttens D., 2011. *Effects of nozzle type and spray angle on spray deposition in ivy pot plants*. Wiley Online Library DOI 10.1002/ps 2051.

Foqué, D., g. Pieters, J., Nuyttens, D., 2012. *Spray deposition and Distribution in a bay laurel crop as affected by nozzle type, air assistance and spray direction when using vertical sprays booms*. Crop protection 41 (2012) 77-87.

Gil, E., Bernat, C., Escolà, A., Llop, J., Llorens, J., Queraltó, M., 2008. *Buenas Prácticas Fitosanitarias para una mejor calidad del agua. Proyecto TOPPS: Train the Operators to prevent Pollution from Point Sources*. <http://www.topps-prowadis.es> Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Gil. E., Llorens, J., Landers, A., Llop, J., Giralt, L., 2011. *Field validation of DOSAVINA, a decision support system to determine the optimal volume rate for pesticide application in vineyards*. European Journal of Agronomy 35: 33-46.

Gil, E., Balsari, P., Gallart, M., Llorens, J., Marucco, P., Andersen, G., Fàbregas, X., Llop, J., 2014. *Determination of drift potential of diferent flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench*. Crop protection 56 (2014) 58-68.

ISO, International Organization for Standardization, 1991. ISO 10626. Equipment for crop protection. Sprayers. Connecting dimensions for nozzles with bayonet fixing.

ISO, International Organization for Standardization, 2005. ISO 22866. Equipment for crop protection. Methods for field measurement of spray drift

ISO, International Organization for Standardization, 2005. ISO 10625. Equipment for crop protection. Sprayer nozzles. Colour coding for identification.

ISO, International Organization for Standardization, 2015. ISO 16122. Agricultural and forestry machinery. Inspection of sprayers in use.

ISO. ISO 16122-1. Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use – Part 1: General. 2015.

ISO. ISO 16122-2. Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use – Part 2: Horizontal boom sprayers. 2015.

ISO. ISO 16122-3. Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use – Part 3: Vertical boom sprayers, mistblowers and similar. 2015.

ISO. ISO 16122-4. Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use – Part 4: Fixed and semi-mobile sprayers. 2015.

ISO. ISO 16122-5. Agricultural and forestry machinery – Inspection of sprayers in use – Part 5: Aerial application platforms. 2015.

Johnstone, D.R., 1977. *A twin tracer technique permitting the simultaneous evaluation of the field performance of two spraying machines or spraying techniques*. Journal of Agricultural Engineering Research 22: 439-443

Llop, J., Gil, E., Llorens, J., Gallart, M., Balsari, P. 2015. *Influence of air-assistance on spray application for tomato plants in greenhouses*. Crop protection, 78, (p293 – 301).

Llorens, J., Gil, E., Llop, J., Escolà, A. 2010. *Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency*. Crop Protection, 29(3): 239-248

Noya, R., 2011. *Calibración práctica de pulverizadora*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Nuyttens, D., De Schamphelleire, M., Brusselman, E., Verboven, P. 2010. *Drift from Field Crop Sprayers using an Integrated Approach: results of a five years study* Trans. ASABE 54 (2), 403 - 408.

Pergher, G. 2001. *Recovery Rate of Tracer Dyes Used For Spray Deposit Assessment*. American Society of Agricultural Engineers. ISSN 0001-2351. Vol. 44(4): 787-794.

Salyani, M., 2000. *Optimization of deposition efficiency for airblast sprayers*. Transactions of the ASAE 43(2): 247-253.

Sánchez – Hermosilla, J., Rincón, J., Páez, F., Fernández, M., 2012. *Comparative sprays deposits by manually pulled trolley sprayer and spray gun in greenhouse tomato crops*.

Siegfried, W., Viret, O., Huber, B., Wohlhauser, R., 2007. *Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture*. Crop Protection 26: 73-82.

Turner, C.R., Huntington, K.A., 1970. *The use of a water sensitive dye for the detection and assessment of small spray droplets*. Journal of Agricultural Engineering Research 15: 385-387

Walklate, P., Cross, J.V. Richardson, G.M., Baker, D.E.; Murray, R.A. 2003. *Pesticide dose Adjustment to the Crop Environment (PACE): Systems development*. BALSARI, P.; DORUCHOWSKI, G.; CROSS, J. V.; eds. A: VII Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing. Università degli Studi di Torino. DEIAFA.

Viret, O., Siegfried W., Holliger, E., Raisigl, U., 2003. *Comparison of spray deposits and efficacy against powdery mildew of aerial and ground-based spraying equipment in viticulture*. Crop Protection 22: 1023-1032.